



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS- UFAM
INSTITUTO DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS-
IFCHS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**SISTEMA CLIMA URBANO DE MANAUS: UMA PROPOSTA DE
ANÁLISE DE UNIDADES CLIMÁTICAS DE ESCALA DE
TOPOCLIMA DE MANAUS**

MANAUS – AM
2019

HENDREA MARTHA MAIA DE BENEDETTO

SISTEMA CLIMA URBANO DE MANAUS: UMA PROPOSTA DE ANÁLISE DE UNIDADES CLIMÁTICAS DE ESCALA DE TOPOCLIMA DE MANAUS

Dissertação de Mestrado da qualificação para o Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGG, da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, em cumprimento aos requisitos necessários à obtenção de grau acadêmico de Mestre em Geografia.

Orientadora: Professora Dr^a. Jaci Maria Bilhalva Saraiva

MANAUS - AM,
2019

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

B462s Benedetto, Hendrea Martha Maia de
Sistema clima urbano de Manaus: uma proposta de análise de unidades climáticas de escala de topoclima de Manaus / Hendrea Martha Maia de Benedetto . 2019
95 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Jaci Maria Bilhalva Saraiva
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Mapas. 2. Clima urbano. 3. Unidades topoclimáticas. 4. Temperatura. I. Saraiva, Jaci Maria Bilhalva. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

AGRADECIMENTOS

- A Deus, que me sustentou até aqui;
- À minha mãe, Dieny, que sempre me deu forças;
- Ao meu pai, Rogério, que sempre acreditou em mim;
- Ao meu esposo, Jefferson, que me cobrou e me ajudou nos momentos mais difíceis;
- À minha orientadora, que teve muita empatia para comigo, e foi além de uma mera orientadora, me incentivando, cobrando, e contribuindo muito para o meu crescimento profissional;
- Ao senhor Paulo Roberto, que gentilmente pagou minha inscrição na prova do mestrado, quando eu passava por dificuldades financeiras;
- Ao meu colega Igor, que me instruiu na elaboração de mapas;
- Aos amigos que me incentivaram e se preocuparam comigo;
- À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), pela bolsa concedida;
- Ao Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM), por conceder espaço e equipamentos que foram essenciais para o andamento e conclusão do trabalho;
- Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal do Amazonas, pelo empenho em formar grandes profissionais das ciências geográficas.

RESUMO

O trabalho em questão busca analisar o contexto climático urbano na qual a cidade de Manaus está inserida, ou que se inseriu na mesma. Esta é uma das maiores cidades da Região Norte, (IBGE, 2010), além de ser uma das que crescem mais rápido; esse tipo de crescimento possui características típicas de cidades não planejadas pelo Estado – ou planejadas de maneira inadequada -, e este é mais um fator que torna importante a análise do clima urbano de Manaus; sendo assim, para que seja mais viável a compreensão de um clima que seja fiel à realidade, o clima urbano de Manaus foi analisado em uma escala relevante das Unidades Climáticas, que é a de Topoclima. Compreender todo esse contexto climático pode ser de grande contribuição do ponto de vista da organização do espaço urbano; e para que se obtivesse maiores informações que pudessem agregar para uma análise do clima, mapas específicos, como os de temperatura, vegetação, ocupação do solo, entre outros, foram utilizados para espacializar e compreender os diferentes topoclimas da área urbana de Manaus. A pesquisa foi baseada nas classificações de Unidades Climáticas feitas por Monteiro (1976), bem como em trabalhos mais recentes que contribuem com a evolução das classificações dessas Unidades. O principal indicador das Unidades Climáticas foi a temperatura – tendo em vista a dificuldade em se obter dados climáticos e atmosféricos para a cidade – além de observações das questões físicas e sociais do espaço urbano, e assim, então foi possível associar informações que puderam indicar três topoclimas distintos inseridos no perímetro urbano, que no geral, se assemelham, mas que possuem suas particularidades.

Palavras-chave: mapas; clima urbano; unidades topoclimáticas; temperatura

ABSTRACT

The paper in question seeks to analyze the scalable urban context in the city of Manaus is inserted, or is inserted in it. This is one of the largest cities in the Northern Region (IBGE, 2010), besides being one of the fastest growing; This type of growth has characteristics typical of cities not planned by the state - or improperly planned - and is another factor that makes the analysis of the urban climate of Manaus important; Thus, to make it more feasible to understand a climate that is more true to reality, the urban climate of Manaus was analyzed on a relevant scale of the Climate Units, which is a Topoclimate. Understanding all this scalable context can be a great contribution to the point of view of the organization of urban space; and to obtain more information that can be collected for a climate analysis, maps such as temperature, vegetation, soil occupation, etc. were used to spatialize and understand the different topoclimates of the urban area of Manaus. A research was used in the climate units made by Monteiro (1976), as well as in more recent works that contributed to an evolution of the previous units. The main indicator of Climate Units was temperature - given the difficulty in obtaining climate and atmospheric data for the city - it is also applied to statistics of social issues and problems in urban space and therefore it was possible to associate information that can be used. 3 times. distinct topoclimates inserted in the urban perimeter, which in general resemble each other, but which have their particularities.

Keywords: maps; urban climate; topoclimate units; temperature.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EST - Escola Superior de Tecnologia

LI - Linha de Instabilidade

SIG - Sistema de Informação Geográfica

TSM - Temperatura da Superfície do Mar

UCmap - Mapa Climático Urbano

UEA - Universidade do Estado do Amazonas

UFAM – Universidade Federal do Amazonas

ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação dos topoclimas de Belo Horizonte.	43
Tabela 2. Bairros de Manaus e seus respectivos habitantes.	52
Tabela 3. Características das Unidades Climáticas (topoclimas) de Manaus.	7

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Porcentagem do uso do solo na área urbana de Manaus	55
Gráfico 2 e 3. Climatologia de Manaus de 1961 a 1990; de 1981 a 2010	66
Gráfico 4. Dados de umidade e temperatura do mês de fevereiro de 2017, da estação meteorológica do IFAM.....	69
Gráfico 5. Dados de umidade e temperatura do mês de fevereiro de 2017, da estação meteorológica do INMET.....	70
Gráfico 6. Dados de umidade e temperatura do mês de fevereiro de 2017, da estação meteorológica do SIPAM.....	71
Gráfico 7. Dados de umidade e temperatura do mês de fevereiro de 2017, da estação meteorológica da Ponte.....	72
Gráfico 8. Dados de umidade e temperatura do mês de julho de 2017, da estação meteorológica do IFAM.....	75
Gráfico 9. Dados de umidade e temperatura do mês de julho de 2017, da estação meteorológica do INMET.....	76
Gráfico 10. Dados de umidade e temperatura do mês de julho de 2017, da estação meteorológica do SIPAM.....	77
Gráfico 11. Dados de umidade e temperatura do mês de julho de 2017, da estação meteorológica da Ponte.....	78

LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Estações meteorológicas instaladas no perímetro urbano de Manaus. .	49
Mapa 2. Ocupação do solo da área urbana de Manaus.....	54
Mapa 3 Temperatura da superfície de Manaus do dia 30 de Julho de 2017.....	57
Mapa 4. Temperatura da superfície de Manaus do dia 21 de Fevereiro de 2018.	60
Mapa 5. Densidade demográfica por bairro.	62
Mapa 6. Altimetria da área urbana de Manaus.....	64
Mapa 7. Temperatura média de 6:00h da manhã do mês de fevereiro de 2017..	79
Mapa 8. Temperatura média de 6:00h da manhã do mês de julho de 2017	80
Mapa 9. Temperatura média do ar do horário de 13:00h do mês de fevereiro de 2017.	83
Mapa 10. Temperatura média do ar do horário de 13:00h do mês de fevereiro de 2017	84
Mapa 11. Identificação de Unidades Climáticas de escala de Topoclima.	86

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Zona de Convergência Intertropical.	14
Figura 2. Fenômenos El Niño e La Niña	15
Figura 3. Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).	17
Figura 4. Linha de Instabilidade próxima a área urbana de Manaus.....	19
Figura 5. Ilustração de uma brisa fluvial atuando na cidade de Manaus, durante o dia.	20
Figura 6. Croqui da cidade de Manaus de 1852.....	25
Figura 7: Croqui de Manaus de 1892-1896.....	26
Figura 8. Crescimento da área urbana de Manaus dos anos de 1984 e 1995.....	28
Figura 9. Crescimento da área urbana de Manaus dos anos de 2005 e 2016.....	29
Figura 10 Espacialização de uma Ilha de Calor Urbana	32
Figura 11. Diferença na temperatura entre zona rural e urbana.....	33
Figura 12. Países que já apresentaram algum tipo de UCMaP.....	36
Figura 13. Fluxograma de elaboração de um UCMaP.....	38
Figura 14. Fonte de dados populacionais de Manaus.....	47
Figura 16. Mapa de temperatura da superfície de Manaus do dia 07 de Agosto de 2008.	59

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA E METODOLOGIA	13
1.1 Sistemas Precipitantes da Amazônia.....	13
1.1.1 Clima da Amazônia	13
1.1.2 Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).....	14
1.1.3 El Niño e La Niña	15
1.1.4 Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).....	16
1.1.5 Linhas de instabilidade	18
1.1.6 Brisa fluvial.....	19
1.2 Estudos sobre o clima urbano no mundo e no Brasil.....	21
1.3 Contexto histórico do crescimento da área urbana de Manaus	23
1.4 Clima urbano de Manaus.....	30
1.4.1 Ilhas de calor em Manaus.....	30
2.1 Utilização de mapas para a contribuição da identificação de Unidades Climáticas Urbanas.	34
2.2 Elaboração e uso do Mapa de Clima Urbano (UCMap) na América do Sul e no Brasil.....	38
2.3 Unidades climáticas e suas escalas.....	39
MATERIAIS E MÉTODO	42
3.2 Dados Gerais	43
3.2.1 Dados Fisiográficos	44
3.2.1.1 Mapa de altimetria	44
3.2.1.2 Mapa de ocupação do solo	44
3.2.2 Dados de elementos atmosféricos	45
3.2.2.1 Mapas da temperatura da superfície de Manaus	45
3.2.3 Dados populacionais	46
3.2.3.1 Mapa de densidade demográfica por bairro	46

3.2.5 Mapa de Unidades Climáticas em escala de Topoclima	50
CAPÍTULO 2. RESULTADOS:	51
4.1 Mapa de uso do solo	53
4.2 Mapas de temperatura da superfície de Manaus	56
4.3 Mapa da densidade demográfica por bairro	61
4.4 Mapa de altimetria	63
4.5 Dados da climatologia de Manaus	65
4.5.1 Dados meteorológicos dos meses de fevereiro e julho do ano de 2017	67
4.5.2 Gráficos de dados das estações meteorológicas:	68
4.5.3 Dados meteorológicos de temperatura e umidade relativa do mês de fevereiro de 2017.....	688
4.5.4 Dados do mês de julho de 2017	73
4.6 Mapas de temperatura média horária dos meses de fevereiro e julho de 2017.	78
4.6.1 Mapas de 6:00 horas da manhã (Fev e Jul)	78
4.6.2 Mapas de 13:00 horas da tarde (Fev e Jul).....	81
4.6.3 Mapa de identificação de unidades climáticas da cidade de Manaus	85
5. Conclusão.....	90
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA:.....	91

INTRODUÇÃO

A história do nascimento e crescimento de grandes áreas urbanas no Brasil sempre evidenciou a falta ou pouca preocupação com o planejamento urbano, principalmente por parte do poder público. No geral, o crescimento dos grandes centros urbanos aconteceram com pouco ou nenhum planejamento. Mesmo que não ocupem grandes extensões territoriais, as cidades são grandes transformadoras do meio natural, pois a dinâmica natural desses lugares é, muitas vezes, brutalmente interrompida, passando por uma modificação e criando um novo ambiente.

No Brasil, na maioria dos casos, o crescimento urbano não acompanhou a dinâmica da natureza, que acarretou no comprometimento da qualidade desses ambientes, como poluição, aumento de temperatura, etc. Manaus é um desses grandes centros urbanos, sendo uma das cidades mais populosas do Norte do Brasil, localizada no maior estado do país - em extensão territorial -, abrigando aproximadamente metade da população do estado do Amazonas; e assim como a maioria das cidades do país surgiram, Manaus não teve um planejamento oficial e prévio, muito menos foi possível prever a dimensão que este espaço urbano tomaria ao longo de sua história. Com o *boom* do Período da Borracha e, mais tarde a implementação da Zona Franca de Manaus, a área urbana da cidade passa a crescer com intensidade, e de maneira pouco ordenada.

A maneira como a cidade cresceu fez com que a dinâmica natural de seu espaço urbano fosse alterada, e essas alterações afetam a própria população, que de certa forma, também foi responsável por essas mudanças. Um dos principais aspectos naturais expressamente diferenciado, visto através de mapas de temperatura, é a temperatura, que, quando comparada às áreas rurais próximas, é mais elevada; portanto, a cidade gerou em clima próprio. Para que, cartograficamente, o clima da cidade pudesse, de alguma forma, ser interpretado mais facilmente, e que os topoclimas da cidade fossem identificados, este trabalho buscou catalogar as Unidades Climáticas de escala de Topoclima, através de análises de temperatura, aspectos sociais e elementos naturais, que associadas, expõem a atual configuração climática da cidade de Manaus.

CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA E METODOLOGIA

1.1 Sistemas Precipitantes da Amazônia

Compreender os sistemas que influenciam diretamente na precipitação da Amazônia é indispensável, uma vez são os grandes responsáveis por delegar a dinâmica climática e atmosférica da região. Estes variam de escala, mas cada um com suas funções e influências, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), uma “zona da banda de máxima cobertura de nuvens convectivas, todas interagindo próximas à faixa equatorial” (FERREIRA, sem data), que favorecem a precipitação na Região Amazônica; a ZCAS, um sistema que atua nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Norte do Brasil, com a duração de dias, contribuindo com os índices positivos de precipitação nessas regiões. Sistemas de mesoescala como Linhas de Instabilidade e Brisas Fluviais, que atuam em um ou dois dias, e até mesmo horas, responsáveis por tempestades.

1.1.1 Clima da Amazônia

A Região da Amazônia Legal conta com aproximadamente 5.020.000 km², e compreende os estados do Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, Acre, Amapá e parte dos territórios do Tocantins, Mato Grosso e Maranhão (IBGE, 2017); a mesma é conhecida mundialmente pela abundância em recursos hídricos e a diversidade na fauna e flora. A bacia hidrográfica amazônica é a maior bacia do Brasil, possuindo cerca de 4.819.000 km² de extensão, ocupando boa parte da superfície do território brasileiro (SANTOS, 1962). Segundo Nobre (1998): “o clima atual da região amazônica é uma combinação de vários fatores, sendo que o mais importante é a disponibilidade de energia solar, através de balanço de energia”, o que reflete na temperatura da região.

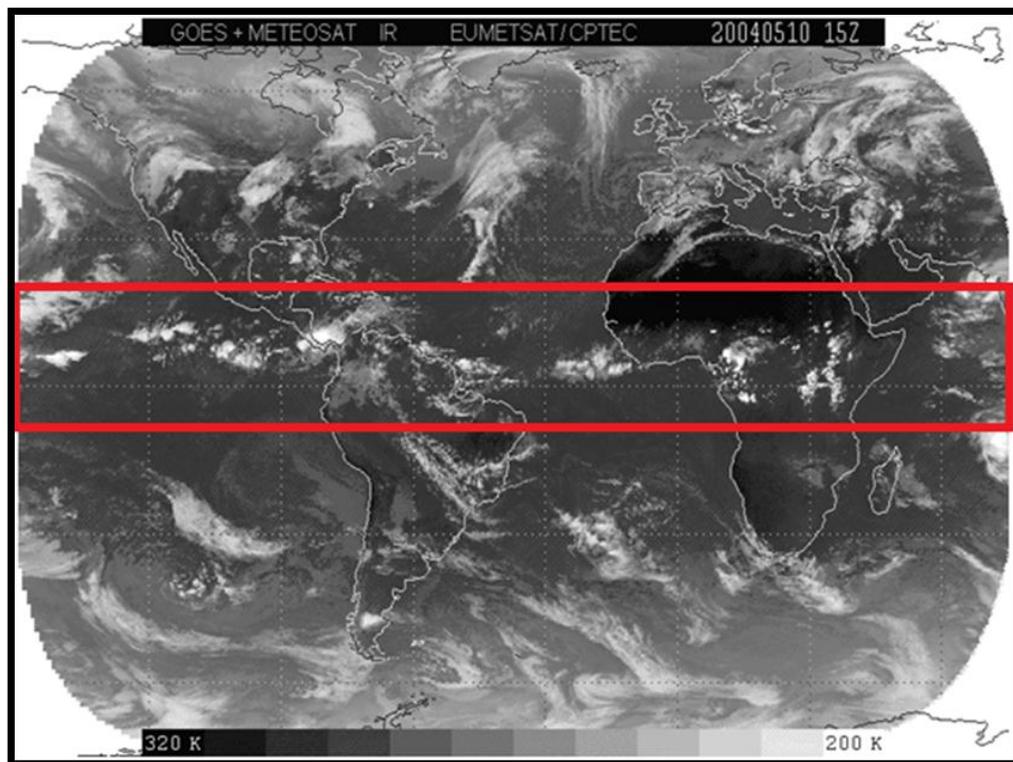
Para que se compreenda o clima da Amazônia com maior exatidão, é necessário entender os principais sistemas precipitantes atuantes na região, e qual influência cada um vai exercer. Esses sistemas são: Zona de Convergência

Intertropical (ZCIT); El Niño e La Niña, Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Linha de Instabilidade (LI) e Brisas Fluviais.

1.1.2 Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é um sistema de grande escala, e é um dos mais importantes para compreender o comportamento da precipitação na Amazônia. Segundo Uvo (1989), a ZCIT é um conjunto de sistemas que integram banda máxima de convecção, cavado equatorial, Zona de Convergência dos Alíseos e máxima Temperatura da Superfície do Mar (TSM). Esses fatores resultam em uma “faixa” de nebulosidade na Região Tropical, visíveis em imagens de satélite (fig. 1), a partir disso, a tendência é aumentar o nível de precipitação, além do mais, essa nebulosidade indica a localização das chuvas a partir da ZCIT, no espaço geográfico.

Figura 1: Zona de Convergência Intertropical.



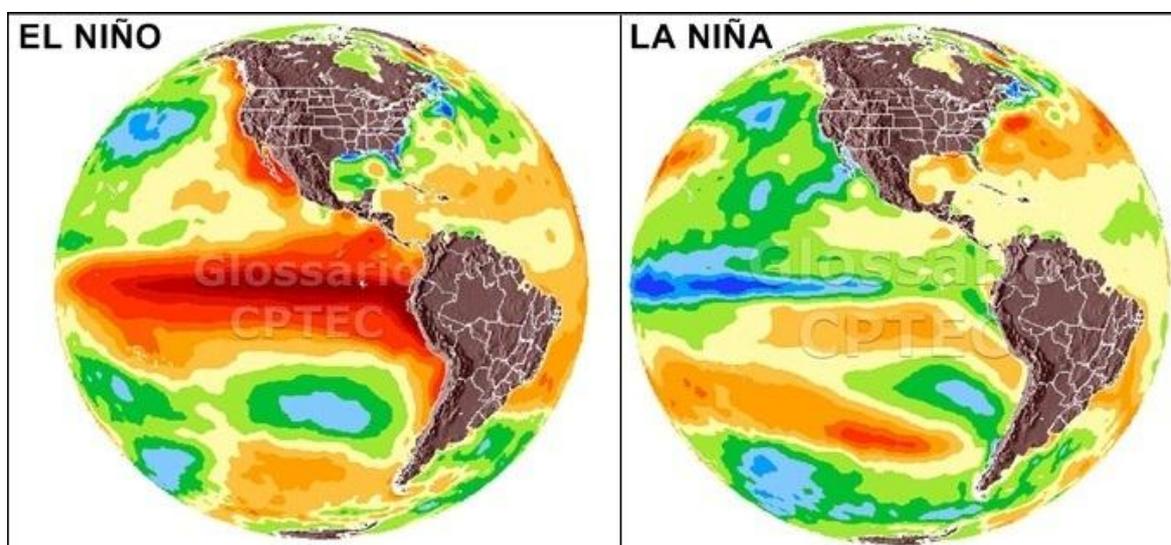
Fonte: Esquadrão do Conhecimento. Disponível em: <https://esquadraodoconhecimento.wordpress.com/2013/05/22/chuvas-extremas-no-litoral-do-nordeste-promoveram-caos-nos-centros-urbanos/>; Acessado em 28.02.2018, às 21:07.

Para a Amazônia, esse sistema atua diretamente nos índices de precipitação. Quando a faixa se encontra mais ao Sul do globo, é o momento de maior influência no aumento da precipitação da Região Amazônica; assim como também influencia quando está mais ao Norte do globo, mas não para o aumento, e sim para a diminuição da precipitação na Amazônia.

1.1.3 El Niño e La Niña

O fenômeno El Niño é caracterizado, principalmente, pela dinâmica entre atmosfera e as águas do Oceano Pacífico Equatorial; isso porque as águas dessa região ficam anormalmente mais aquecidas, quando estão sob o efeito desse fenômeno. Sob influência do La Niña, o processo é inverso, em vez que aquecer, as águas o Oceano Pacífico Equatorial resfriam (Fig. 2).

Figura 2. Fenômenos El Niño e La Niña



Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/glossario.shtml#34>; Acessado em 22.11.2018, às 15:06. Org.: Hendrea Benedetto, 2018.

Acontece que há uma série de fatores que caracterizam esses momentos, como o enfraquecimento ou fortalecimento dos ventos alísios de leste da América do Sul a oeste do Pacífico; a bipartição ou alongamento da Célula de Walker; a termoclina, que fica em posição muito ou pouco inclinada; a ressurgência, que

acontece sob influência da posição da termoclina, etc. Cada um desses fatores são interdependentes, e a ação de cada um vai contribuir para com a caracterização dos dois fenômenos, que tanto influenciam nos índices de precipitação na Amazônia.

1.1.4 Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)

O sistema chamado Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é um dos que mais influenciam nas características climáticas da região Amazônica. Segundo Carvalho e Jones (2009):

Acompanhando o ciclo anual da chuva, observa-se uma das características mais marcantes do clima tropical da América do Sul durante o verão: a presença de uma banda de nebulosidade e chuvas com orientação noroeste-sudeste, que se estende desde a Amazônia até o Sudeste do Brasil e, frequentemente, sobre o oceano Atlântico Subtropical. Essa cara característica climatológica, que se associa a um escoamento convergente de umidade na baixa troposfera, convencionou-se chamar de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

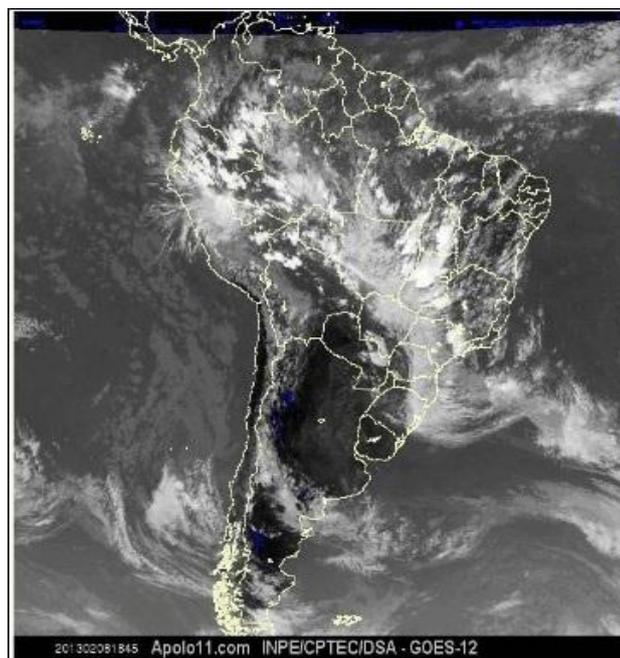
Com imagens de satélite (Fig. 3) é possível observar que a “atividade convectiva da ZCAS pode estender-se da Amazônia até o oceano Atlântico Subtropical, enquanto em outras situações a ZCAS estende-se apenas até a região Sudeste do Brasil” (CARVALHO e JONES, 2009). Também se observa que em algumas situações em que a atividade convectiva intensa associada à ZCAS persiste por alguns dias, e em outros casos, não. Além do mais, uma das principais características da ZCAS é a variabilidade em diferentes escalas de tempo. Segundo Vieira *et al* (2016):

“ZCAS apresenta variabilidade em diferentes escalas de tempo: na escala sinótica, as entradas de frentes frias sobre a Argentina e o Brasil atingem latitudes mais baixas acompanhadas de atividade convectiva no oeste e

sudeste da Amazônia sobre a ZCAS. Na escala 30-60 dias essa variabilidade está associada ao deslocamento para leste da Oscilação de Madden-Julian (OMJ), que é a variabilidade tropical mais importante na escala intrasazonal. A escala temporal de 10-100 dias possui máxima variância sobre a região da ZCAS e região central da América do Sul, e menor sobre a Amazônia. Por outro lado, na escala temporal da ZCAS de 10 a 20 dias a variabilidade de precipitação no sul da Amazônia é significativa”. Pág. 26

A imagem abaixo ilustra a nebulosidade que se estende de noroeste-sudeste, indicando as regiões que tendem a ocorrer precipitação. Para a Amazônia, a ZCAS é um dos sistemas que mais influenciam na precipitação da região. A imagem foi cedida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e foi registrada pelo satélite GOES-12.

Figura 3. Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).



Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <http://zcas.cptec.inpe.br/>; Acessado em: 19.11.2018, às 15:07h.

Deste modo, este sistema de escala sinótica, de durabilidade de, no mínimo, 4 dias, e é um dos sistemas precipitantes mais influentes na climatologia e meteorologia da Amazônia, portanto, um dos mais importantes.

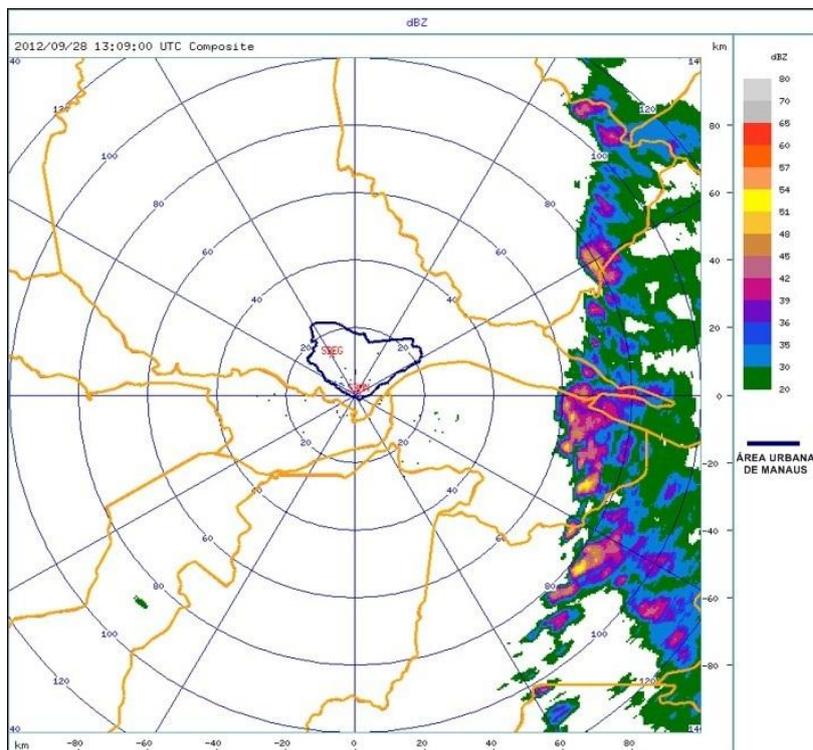
1.1.5 Linhas de instabilidade

As Linhas de Instabilidade (LI) tropicais são bandas estreitas de nuvens convectivas, facilmente identificadas em imagens de satélite devido à sua nebulosidade característica, e forma-se em várias regiões do globo (ALCÂNTARA, 2010). É uma zona de instabilidade onde as nuvens aparecem de forma alinhada, em imagens de satélite; é um sistema de mesoescala e escala sinótica, de duração de tempo relativamente curto.

Em suas pesquisas sobre Linhas de Instabilidade (LI's) na costa atlântica da Região Amazônica, Cohen (1989) observou Linhas que se formam ao longo da costa norte-noroeste da América do Sul, desde a Guiana até o estado do Maranhão; a autora faz uma breve análise de classificação de LI's, citando, a princípio, três tipos de Linhas: a do Tipo 1, que seria Linhas "longas e finas, em forma linear ou de arco, geralmente são constituídas por pequenos cúmulos e pode ocorrer precipitação"; a do Tipo 2 seria "Linhas de nuvens com áreas extensas de nuvens do tipo estratiformes e convectivas"; e a última, do Tipo 3, seria "sistemas convectivos profundos, tal como as Linhas de Instabilidade tropicais"; a autora faz uma classificação sobre Linhas de origem ligadas à circulação de brisa marítima junto à costa, na qual denominou de Linha de Instabilidade que se Propaga (LIP) e Linha de Instabilidade Costeira (LIC), que seriam Linhas que de nuvens cúmulos-nimbos que se formam e dissipam na costa, não se propagando ao continente, isso porque ela analisou linhas que atuavam na região de Belém-PA, por isso fez classificações que explicassem, principalmente, a relação do oceano com o continente na região em questão.

Para Manaus, há poucos estudos a respeito, mas a figura 4, que mostra a uma LI se aproximando da área urbana de Manaus, que evidencia as características gerais das LI's que atuam na região.

Figura 4. Linha de Instabilidade próxima a área urbana de Manaus.



Fonte: Radar Meteorológico Censipam. Org. Hendrea Benedetto, 2018.

Apesar do pouco estudo a respeito, a figura 4 mostra uma LI se aproximando da área urbana de Manaus no sentido leste, isso porque essas LI's constantemente adentram a cidade pelos extremos Norte e Leste, e geralmente têm pouco tempo de duração (em média 1h) (YAMAMOTO, 2016). As LI's possuem participação direta nos índices e distribuição da precipitação da cidade de Manaus. Até então, essas são as principais características das LI's observadas para a cidade.

1.1.6 Brisa fluvial

A Brisa Fluvial é um sistema de mesoescala, que atua num intervalo de tempo que varia de horas ou minutos. Em linhas gerais, é uma interação entre continente e mar, ou superfície terrestre e rio, como no caso de Manaus (Fig. 5). Segundo Nobre (1998):

A brisa fluvial é um mecanismo físico no qual o ar, devido ao contraste térmico entre água-terra, move-se em direção ao continente durante o dia

e vice-versa à noite [...]; e esse mecanismo é mais intenso nas regiões em que a largura do rio é considerável, tais como próximo à Manaus (confluência dos rios Negro e Solimões).

A figura 5 faz uma breve ilustração de como funcionaria essa troca de energia - ou temperatura -, durante o dia. Durante o dia a energia solar aquece a superfície terrestre, que transfere essa energia para a água, durante a noite. Durante a noite, com as trocas de energia, a água tende a ficar aquecida e a superfície resfriada, e como num ciclo vicioso, a superfície terrestre faz troca de temperatura com a água do Rio.

Figura 5. Ilustração de uma brisa fluvial atuando na cidade de Manaus, durante o dia.



Fonte: Prefeitura de Manaus. Org. Hendrea Benedetto, 2018.

Por estar à margem do Rio Negro, e este possuir, neste trecho, uma largura considerável, Manaus está localizada em uma região de relevância, no que diz respeito à interação entre água-terra.

1.2 Estudos sobre o clima urbano no mundo e no Brasil

Para melhor compreender a história dos estudos sobre o clima urbano no Brasil, é necessário compreender como ele surgiu. Em meados do século XVII o primeiro vestígio sobre estudos que se preocupavam em entender a dinâmica climática urbana foi encontrado, na cidade de Londres; mais tarde, ainda de forma pioneira, nesta mesma cidade, no período de início da era industrial, Howard (1883) apresenta seu primeiro estudo sobre o clima urbano, e depois, Chandler, na década de 1960 torna Londres a ser a primeira metrópole a ter uma análise especial do seu clima (MONTEIRO, 1975), em seguida, França e Alemanha também fomentam seus primeiros estudos sobre o clima urbano, em virtude da expansão das redes de observação meteorológica (ASSIS, 2005). A partir daí a preocupação com o clima urbano impulsionou estudos a respeito, principalmente em cidades industriais da Europa ocidental, e mais tarde na América do Norte.

O desenvolvimento de trabalhos a respeito do clima urbano instigou a caracterização do mesmo. Monteiro (1975) faz referência à síntese de Landsberg, de 1962, que partindo de uma análise meteorológica, faz a caracterização dos principais aspectos do clima urbano. Desta forma, para o autor em questão, o clima urbano seria:

“a) o clima urbano é a modificação substancial de um clima local, não sendo possível ainda decidir sobre o ponto de concentração populacional ou densidade de edificações em que essa notável mudança principia;”

Pág. 61

Além de citar a modificação de um clima local, Monteiro (1975), ainda em referência a Landsberg, também admite que “o desenvolvimento urbano tende a acentuar ou eliminar as diferenças causadas pela posição ou sítio”, e quando compara o clima urbano com o clima rural, enfatiza: “a cidade modifica o clima através de alterações em superfície”; alegando também que a cidade produz aumento de calor, complementada por modificações na ventilação.

Com definições e caracterizações mais específicas, os estudos sobre o clima urbano ganharam força, principalmente porque a preocupação com a poluição só aumentava, e sugestões de padronização passam a ser fomentadas.

Para as regiões tropicais, os primeiros trabalhos só começaram a ser feitos na década de 1980, isso porque a maioria deles tinham como base as análises feitas por Monteiro, em 1975 (ASSIS, 2005), em sua tese de livre docência, onde ele passa a observar o clima a partir da percepção humana, levando em consideração o conforto térmico, qualidade do ar, etc (MONTEIRO, 1990):

Ao penetrar (ou adentrar) na cidade para investigar-lhe o clima, o procedimento preliminar básico dirige-se à análise do *campo térmico*, a partir do qual, todo o jogo de correlações e interações se produz na geração das características climáticas da cidade. Pg. 64

Nesta década – 1980 – o crescimento dos grandes centros urbanos se acelera, e esse crescimento acontece desassistido pelo Estado, no que diz respeito a planejamento e organização dos espaços urbanos.

Segundo Amorim (2013) “no Brasil, o crescimento das cidades ocorreu sem implantação de infraestrutura adequada ou suficiente para que não houvesse a degradação do ambiente. Embora não ocupem grandes extensões territoriais, as cidades são maiores transformadoras do meio natural”, além do mais, na maioria dos casos, o crescimento urbano não acompanhou a dinâmica da natureza, que acarretou no comprometimento da qualidade desses ambientes (AMORIM, 2013). De acordo com Amorim (pg. 174 *apud* Monteiro, 1976):

A cidade é, portanto, geradora de um clima próprio, resultante da interferência de todos os fatores que se processam sobre a camada do limite urbano e que agem no sentido de alterar o clima em escala local. Seus efeitos mais diretos são percebidos pela população, por meio de manifestação ligadas ao conforto térmico, à qualidade do ar, aos impactos pluviais e a outras manifestações capazes de organizar a vida da cidade e deteriorar a qualidade de vida de seus habitantes.

Para melhor compreender a complexidade da dinâmica do clima urbano, Monteiro (1990) propõe ao geógrafo que este, ao analisar o clima, se oriente através da percepção sistêmica:

A aplicação à Teoria Geral dos Sistemas – como uma reorientação que se tornara necessária à ciência em geral e a Geografia, em particular, naquele então (1975) dentre muitas vantagens, oferecia aquela especialmente preciosa de poder configurar o clima urbano como um sistema complexo, aberto, adaptativo que, ao receber energia do ambiente maior no qual se insere, a transforma substancialmente a ponto de gerar uma produção exposta ao ambiente. [...] Além da centralização na “cidade” (em vez de atmosfera) e da perspectiva “sistêmica” a própria concepção de “clima” como fato dinâmico, de maior aspecto de sintonia com o biólogo e o humano completava o tríplice suporte daquela montagem. Pg. 10

Tendo em vista todas essas observações, é possível entender por que é importante compreender a interação entre o clima e a população, no meio urbano; e não só isso, como instigar a criação de meios que facilitem e/ou melhorem a qualidade de vida desta, e o primeiro passo para isto é o pleno conhecimento do clima urbano, e não só isso, mas entender que o clima urbano não é homogêneo, portanto, não deve ser tratado ou trabalhado desta forma.

1.3 Contexto histórico do crescimento da área urbana de Manaus

Para compreender como Manaus se tornou uma das maiores cidades da Região Norte, é necessário que se entenda o contexto histórico na qual a mesma surgiu e cresceu. Deste modo, devemos entender que Manaus surgiu em 1669, ainda com o nome de Forte de São José do Rio Negro; nesta época, havia aglomerado de grupos indígenas no entorno do Forte. Era uma área de convívio entre ricos, pobres, estrangeiros, brancos, indígenas, etc (NAZARETH et al, 2011).

Em 1832, o Forte foi elevada à categoria de vila, e passou a se chamar Manaós, em homenagem aos indígenas denominados Manaós. Em 1848, no dia

24 de Outubro, foi elevada à categoria de cidade, e mudou o nome para Barra do Rio Negro. Manaus, então, foi marcada pelas mudanças de nomes. No dia 4 de Setembro de 1856 foi finalmente denominada de cidade de Manaus, após passar por vários governos. Manaus tinha seus arredores próximos sortidos de caça, pesca e agricultura, e por também estar próxima à província do Grão-Pará e de estar muito próxima à confluência de dois dos maiores rios do país: Negro e Solimões, a cidade foi considerada ideal para ser a sede administrativa da capitania, pelo Ouvidor Sampaio, no ano de 1774. Foi Lobo D'Almada quem retirou a primazia de capital de Barcelos (PINHEIRO, 2009).

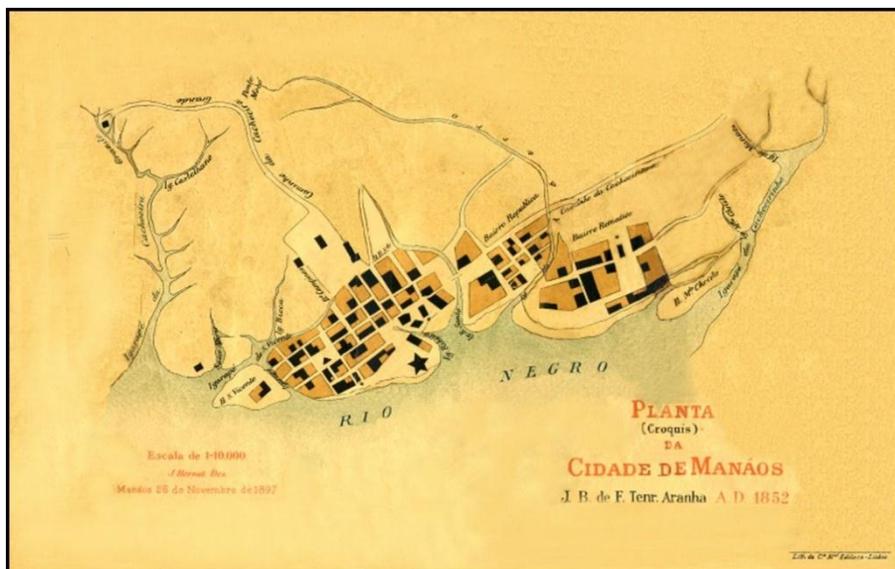
As principais mudanças na rotina dos habitantes de Manaus aconteceu no “boom” do Período da Borracha (1889-1912), que fez com que estes sejam pressionados a se reorganizar no espaço, uma vez que Manaus começava a crescer, pois se tornara um grande centro de comercialização, uma vez que por ela passavam toneladas de borracha, vindas dos mais distintos seringais da região, preparadas para exportação. A expansão da área urbana desse período começa a ganhar características típicas desse momento da história de Manaus. Segundo Pinheiro (2009):

Sendo impulsionado pelo ciclo econômico da borracha, o primeiro momento de crescimento, atingindo seu auge no governo de Eduardo Ribeiro, com a construção do seu ícone, o teatro Amazonas, o que representou o sentido do estilo da urbanização da cidade. Eduardo Ribeiro já tinha sido governador interino por duas vezes, mas, foi no mandato de 1892 a 1896, que ocorreram as maiores transformações na cidade. Ele elaborou todo planejamento urbanístico que envolveu calçamento de pedra de liós, arborização, prédios verticalizados como o da alfândega, modelo que não era específico de Manaus, mas sim de todas as cidades dos trópicos (DIAS, 2007, p.35).

A Europa não só começava a fazer parte da arquitetura de Manaus, como importava quase tudo o que se consumia na cidade, desde os paralelepípedos, bebidas, fumos, até às roupas que eram lavadas lá, e não em Manaus. Quanto às características da distribuição do espaço, Manaus ainda concentrava suas principais atividades no Centro da cidade, que tem ligação direta com o Rio Negro; a figura 6 propõe uma ideia de como Manaus estava estruturada; basicamente, em

parte, tentando respeitar os limites impostos pelos igarapés, onde mais tarde vão servir de passagem para quem transita de uma margem à outra do igarapé.

Figura 6. Croqui da cidade de Manaus de 1852.



Fonte: <http://manausantiga.blogspot.com.br/2007/01/essa-planta-da-cidade-de-manaus-olha.html>;

No final da década de 1890, a cidade já mostra uma certa diferença de crescimento, ocorrida década após década. Na figura 7, é possível observar o isto; a cidade já está se estendendo em direção ao norte, que por hora é a parte periférica da cidade, uma vez que as famílias nobres se concentravam no Centro.

Figura 7: Croqui de Manaus de 1892-1896



Fonte: <http://historiante.blogspot.com.br/2016/11/a-evolucao-das-vias-publicas-em-manaus.html>;

O governador Eduardo Gonçalves Ribeiro, e também engenheiro militar, em seu governo (1892-1896), abriu novas ruas e estradas; usou da estrutura da Avenida Sete de Setembro para expandir os limites da cidade para o Norte, com ajuda das Pontes Romanas, construída em seu mandato. Ele também construiu vias públicas nas áreas periféricas da época, e foi o principal responsável pelas ruas e avenidas do bairro Cachoeirinha. A figura 7 (1895) faz um contraste em com a figura 6 (1852), evidenciando um planejamento padrão “Tabuleiro de Xadrez”, baseado em cidades europeias, criado por Eugene Haussmann, que criou ruas relativamente estreitas, não fazendo ideia da dimensão que a cidade tomaria no futuro.

Para que Manaus se tornasse uma das maiores cidades da Região Norte, houve um outro momento de extrema relevância para que se possa explicar como a cidade tomou a proporção que é observada hoje, que foi a criação da Zona Franca de Manaus, a partir de 1967, que atraiu pessoas de várias partes do Brasil, mas principalmente, do interior do Estado do Amazonas, pois com esse acontecimento vinha a promessa de geração de empregos. Com pessoas vindas das mais diversas áreas e regiões, a cidade precisava comportar, de imediato, todos os que acabavam de chegar, isso impulsionou, mais uma vez, o crescimento da área urbana da cidade; a densidade demográfica começava se intensificar, e isso acarretou, de certo modo, em um crescimento desordenado, além de ter um

impacto ambiental considerável; até a década de 1970, as áreas mais densamente ocupada eram as Zonas Sul, Centro Sul, Oeste e Centro Oeste; as zonas Norte e Leste passaram a ser mais densamente ocupada depois da vinda da Zona Franca, onde maior parte dos ocupantes eram economicamente mais vulneráveis (NOGUEIRA *et al*, 2007). Esse novo momento deu ao espaço urbano de Manaus uma nova configuração, pois antes concentrada nas partes Sul e Oeste, agora se expandia para as regiões Leste e Norte; com uma ocupação caracterizada principalmente pela por ser irregular.

As imagens de satélite dos anos de 1984, 1995, 2005 e 2016 evidenciam as mudanças na área urbana de Manaus, apontando sua expansão ao longo de décadas, explicando em quais regiões da cidade intercorreram maiores mudanças. Na imagem do ano de 1984 se observa que a cidade se concentra na região centro-oeste, seguindo a lógica de que a mesma surge na região sul, às margens do rio; no entanto, com a abertura das estradas, na década de 1970, já é possível notar que o crescimento da cidade aponta para a região norte, mesma direção que as rodovias BR 319 e AM 010. A imagem de 1995 aponta para uma expansão rumo à Zona Leste, que atualmente é uma das mais populosas da cidade, com cerca de 392.599 habitantes (IBGE, 2010); neste momento, o crescimento para a Zona Norte ainda é evidente, e hoje possui aproximadamente 501.055 habitantes ((IBGE, 2010). A imagem do ano de 2005 possui os mesmos aspectos que a do ano de 1995, porém, nota-se uma intensificação de ocupação, pela densidade de construções. A imagem do ano de 2016 expressa a intensificação na ocupação, mas com um diferencial relevante, a Ponte Sobre o Rio Negro, inaugurada no ano de 2011, que mostra que a outra margem do rio – pertencente ao município de Iranduba -, começa a ser mais densamente ocupada, dando uma nova configuração ao curso de ocupação do espaço urbano nessa região da área urbana de Manaus.

Figura 8. Crescimento da área urbana de Manaus dos anos de 1984 e 1995.



Fonte: Google Earth. Org.: Hendrea Benedetto, 2018.

Figura 9. Crescimento da área urbana de Manaus dos anos de 2005 e 2016.



Fonte: Google Earth. Org.: Hendrea Benedetto, 2018.

1.4 Clima urbano de Manaus

A cidade de Manaus está localizada em meio a uma das maiores florestas tropicais do mundo – floresta Amazônica -, está próxima a Linha do Equador; por esse motivo, de um modo geral, o clima da área urbana da cidade também é influenciado pelos grandes sistemas como a ZCIT, por exemplo, que influencia diretamente no período chuvoso e não chuvoso, da região (NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A; ARTAXO, P. 2009). Além do mais, também tem influência de outros sistemas como a ZCAS, Linhas de Instabilidade e Ilhas de Calor (CORRÊA at al, 2015). Todos estes, de um modo geral, são de grande influência na configuração climática da cidade, no entanto, são os sistemas de microescala que diferenciam o clima da área urbana de Manaus das demais regiões da Amazônia, pois nessa escala são levados em consideração a interação entre os sistemas solo-planta e atmosfera, dispersão de poluentes no ar, etc.

Em linhas gerais, o clima da cidade de Manaus é equatorial quente úmido, clima predominante da Região Norte, e apresenta índices de temperatura elevados, mas não apenas por ser uma cidade densamente ocupada, mas por estar inserida em uma região naturalmente quente (NIMER, 1989). A cidade de Manaus possui alguns focos do fenômeno denominado *ilha de calor* (SILVA, 2012), além de ser uma cidade cujo o ar é poluído, devido à emissão de gases via indústrias e veículos automotores.

O presente trabalho busca mostrar que apesar de possuir características gerais relativamente definidas, o clima da área urbana de Manaus não é homogêneo, isso ficará evidenciado a partir da identificação dos topoclimas da cidade.

1.4.1 Ilhas de calor em Manaus

Com a intensificação do crescimento urbano, as cidades passaram a “criar” suas próprias configurações climáticas, e um dos principais indicativos de mudanças é a temperatura, que em comparação às zonas rurais, se intensifica; e como um reflexo da ocupação desses espaços, em especial aos grandes centros

urbanos, densamente ocupados. Tendo isso em vista, um dos fenômenos que mais traduzem essa configuração, é a *ilha de calor urbana*, termo usado pela primeira vez na década de 1960, por Gordon Manley (FIALHO, 2012; apud ALCOFORADO, 1993). Este fenômeno seria, segundo Amorim *et al* (2009):

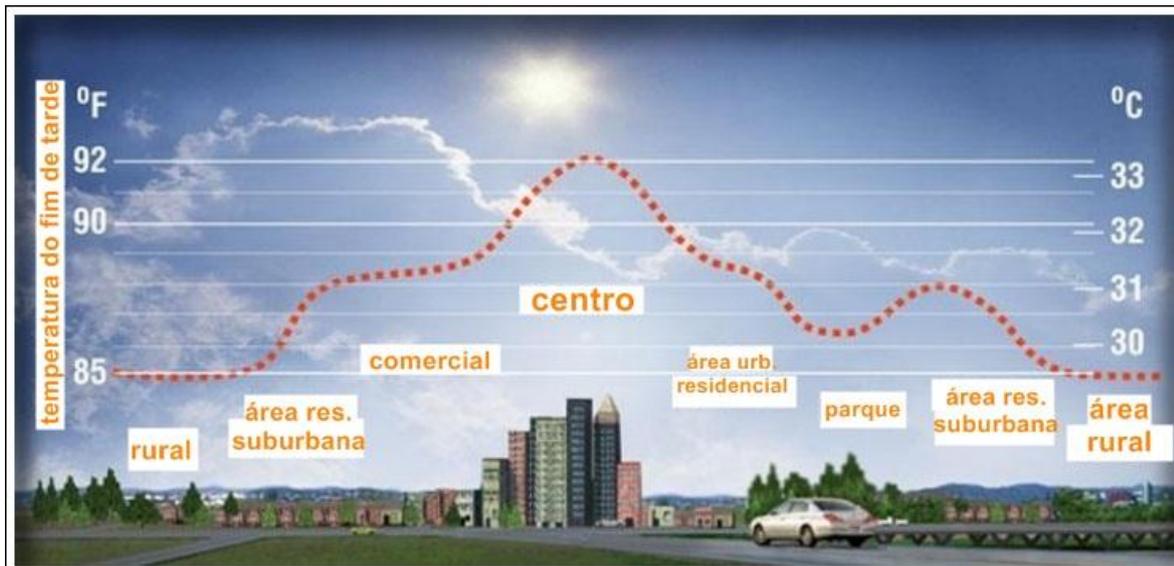
A expressão mais concreta da mudança do balanço de energia nos ambientes urbanos configura-se na geração das ilhas de calor. Caracterizada por uma cúpula de ar quente que cobre a cidade, a ilha de calor urbana (ICU) é a manifestação do aumento das temperaturas causado por características físicas (alta densidade de construções, concentração de materiais construtivos de grande potencial energético de emissividade e reflectância) e as atividades urbanas.

É relevante entender esse tipo de fenômeno, uma vez que é o resultado da ação de quem ocupa os espaços urbanos, além de serem os mesmos que vivenciam e assimilam essas mudanças. Um dos principais estimulantes para o surgimento desse fenômeno seriam as densas construções no meio urbano:

A ICU é essencialmente definida pela diferença de temperatura entre a área central da cidade e o ambiente rural ou zonas periféricas com baixa densidade de construções. Além da distinção simples urbano-rural ou centro-periferia, é principalmente uma diferença de uso e ocupação do solo. O ambiente urbano e especialmente o centro é normalmente ocupado por uma alta densidade de construções, com superfícies verticais, enquanto que o ambiente rural é ocupado por baixa densidade de construções e vegetação arbórea esparsa ou gramados (AMORIM *et al*, 2009).

A intensidade da temperatura de uma ilha de calor depende, também, da intensidade das construções de uma área urbana, ou seja, as áreas com maiores índices de construção por metro quadrado são também as que tendem a sugerir o surgimento de uma ilha de calor. A figura abaixo ilustra as configurações da temperatura no meio urbano e como uma ilha de calor pode ser formada e identificada:

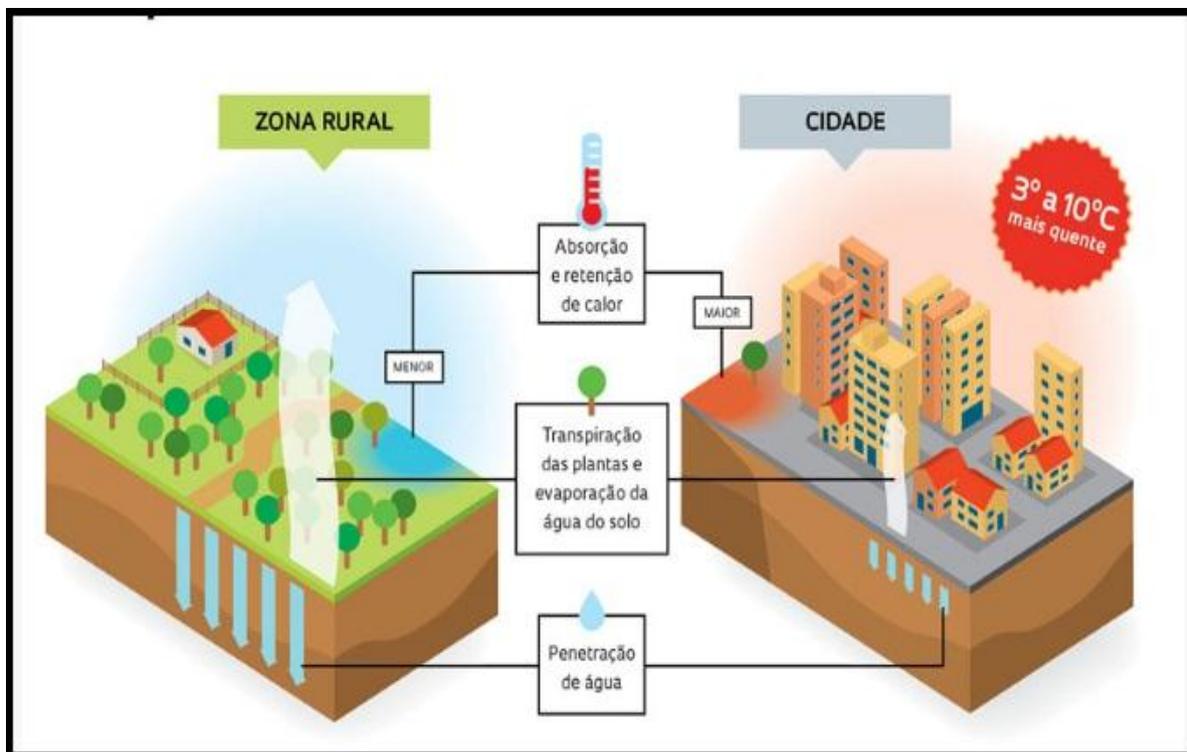
Figura 10 Espacialização de uma Ilha de Calor Urbana



Fonte: Heat Island Group-Lawrence Berkley National Laboratory; Org. Hendrea Benedetto, 2018. Disponível em: <https://heatisland.lbl.gov/>; acessado em: 20.11.2018, às 11:37.

Quando o contexto natural de um determinado lugar é mantido em estado de equilíbrio, as mudanças nas configurações climáticas deste não são bruscamente alterados, ou muitas vezes nem sofrem quaisquer alteração; mas quando há alterações em determinados aspectos como o solo, a vegetação, circulação do vento, etc, a tendência é que o clima local, por exemplo, mude de características. A imagem abaixo ilustra a diferença entre a área rural e a área urbana, no que se refere à temperatura do ar:

Figura 11. Diferença na temperatura entre zona rural e urbana



Fonte: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/10/11/ilha-de-calor-na-amazonia/#>; acessado em 11.06.2018; às 19:57.

A temperatura de uma zona urbana pode apresentar grandes diferenças na temperatura do ar; para observar a diferença de temperatura entre área rural e urbana de Manaus, Viana *et al* (2016) utilizou de quatro estações meteorológicas, onde duas foram instaladas na área rural da cidade, e outras duas na área urbana; os dados foram coletados no mês de Agosto de 2010, e o resultado foi que as temperaturas médias para as estações localizadas na área urbana foram de 27,6°C e 27,8°C; e na área rural foi de 25,2°C e 25,5°C. Uma diferença de aproximadamente 2°C entre a temperatura da área urbana e área rural de Manaus. Para precipitação, Takana (2014) fez uma comparação entre estações meteorológicas também localizadas na área urbana de Manaus e na área rural/florestal, a mesma concluiu que:

As regiões urbanas recebem cerca de 82% da precipitação anual na estação chuvosa, enquanto que às áreas florestadas recebem 78%.

Embora a diferença seja pequena, este comportamento provavelmente ocorre por que durante o período menos chuvoso a atmosfera sobre a floresta é mais úmida, devido a transpiração realizada pela vegetação. Especialmente não existe grande diferença de altitude entre o INPA [Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia] e RFAD [Reserva Florestal Adolpho Ducke], e as diferenças de latitude são muito pequenas. Logo, as diferenças nas características da precipitação entre as regiões - salvo os erros sistemáticos que possam ter ocorrido nas medidas técnicas - podem ser atribuídas ao efeito de uso do solo, neste caso o efeito urbano.

Em linhas gerais, há diferenças inegáveis entre o comportamento dos elementos atmosféricos na área urbana e densamente ocupada, e a área rural/florestada de Manaus; e a principal e mais evidente justificativa são as mudanças e ocupação do espaço urbano da cidade.

Vale ressaltar que o presente trabalho não busca analisar e enfatizar as diferenças de temperatura entre a área urbana e área rural de Manaus, mas para compreender que as áreas urbanas fogem aos climas “naturais”, é enriquecedor compreender essa diferença.

2.1 Utilização de mapas para a contribuição da identificação de Unidades Climáticas Urbanas.

A transformação da paisagem natural em paisagem predominantemente urbana fomentou uma aproximação entre a climatologia e a tentativa do planejamento urbano, entendendo que, com as diferenças no clima local, gerou-se, de certa forma, alguns desconfortos pra quem vive nos grandes centros urbanos. Sendo assim, uma das tentativas de entender e, por fim, auxiliar na amenização dos problemas climáticos dessas áreas, foi a criação de Mapas Climáticos Urbanos (UCMap) que pudessem facilitar tal planejamento. Segundo Ferreira *et al* (2017):

Ele [UCMap] é uma ferramenta de informação e análise que integra considerações sobre fatores climáticos e planejamento urbano, representadas cartograficamente, e que podem ser avaliadas e aplicadas no planejamento com o auxílio de mapas de referência (VDI, 1997). O UCMap é composto por dois componentes principais (Ren et al, 2011): o

mapa climático urbano analítico (urban climatic analysis map – UC-AnMap), que é um mapa sintético de funções climáticas, e o mapa climático de recomendações para o planejamento (urban climatic planning recommendation map – UC-ReMap).

O interesse mundial nos estudos do Mapa Climático Urbano (UCMap) tem crescido muito, desde o surgimento das primeiras pesquisas a respeito, há mais de 40 anos; atualmente, há mais de 15 países ao redor do mundo que se interessaram em gerar estes mapas com o intuito de desenvolver diretrizes climáticas urbanas e implementação de medidas de mitigação para práticas de planejamento urbano.

Os primeiros estudos foram feitos, e o conceito de UCMap foi desenvolvido pela primeira vez por pesquisadores alemães no final da década de 1970, na Alemanha; pois a preocupação com a poluição do ar começava a se intensificar; em Stuttgart, os climatologistas começaram a entender que o enfraquecimento dos ventos dentro do perímetro urbano contribuiria de maneira significativa na poluição do ar na cidade (Chao Ren, 2010, *apud* Matzarakis, 2005). Na década de 1980, em Ruhr - Alemanha, o objetivo era controlar a poluição por metais pesados nas antigas áreas industriais da região, e então foi implementado o gerenciamento de ar limpo usando UCMap, e mais de 25 cidades da região foram inseridas no projeto e beneficiadas pelo mesmo. Vale ressaltar que a importância e magnitude deste projeto o tornou pioneiro em relacionar fatores climáticos urbanos com informações sobre a ocupação dos espaços urbanos, e com base em informações sobre o uso da terra e suas características climáticas, definiu vários Climatopos – Topoclima, Mesoclima e Microclimas com características semelhantes. Nessa mesma década, outros países da Europa começaram a levar em consideração o estudo do clima urbano, e países como a Suíça, Áustria, Suécia, Hungria, Checoslováquia, Polônia, Portugal e Reino Unido começaram a tentar elaborar UCMaps em algumas de suas cidades.

Figura 12. Países que já apresentaram algum tipo de UCMaP.



Fonte: Chao Ren (2011). Disponível em: wileyonlinelibrary.com/jornal/joc

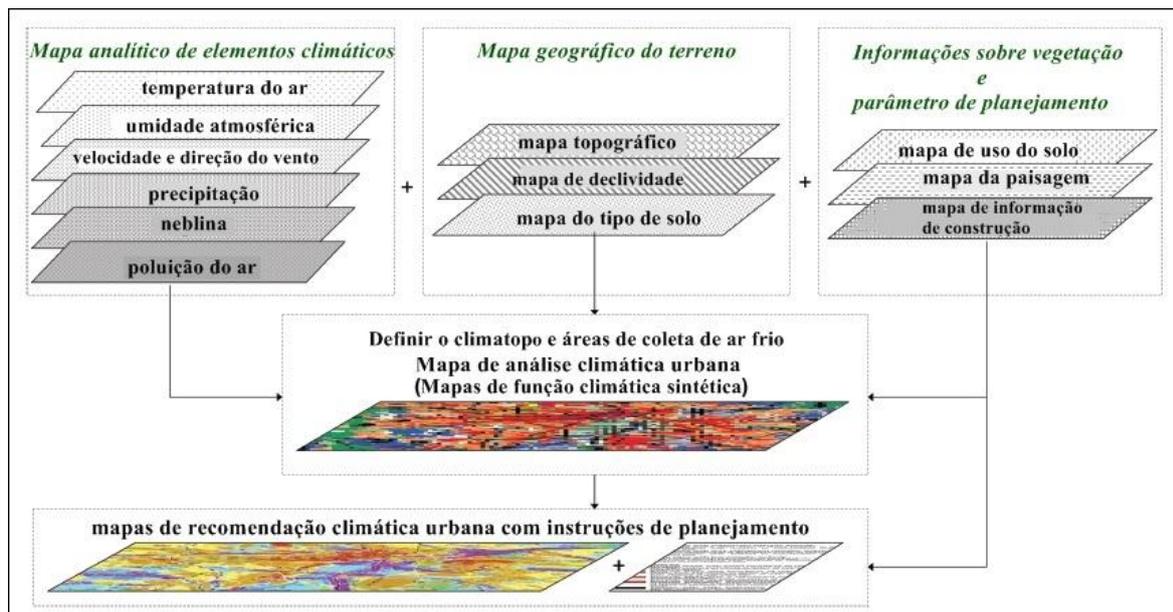
Na Alemanha, o interesse pelo estudo do clima urbano aumentou, e na década de 1990, várias cidades do país foram levadas a fazer mapeamentos das características dos seus climas. Desde o ano de 1992, a Sessão de Climatologia Urbana do Escritório de Meio Ambiente e Proteção de Stuttgart, conduziu uma série de estudos que resultou em um atlas climático que incluía mapas sinópticos, mapas térmicos, mapas de emissões, entre outros, utilizando o Sistema de Informação Geográfica (SIG); assim, os planejadores locais tiveram ao alcance, inúmeras informações climáticas de Stuttgart, usando o UCMaP da cidade. O projeto “Stuttgart 21” desenvolveu mais de cem camadas de mapas climáticos em diferentes escalas, que poderiam ser implantados nos níveis de planejamento regional, municipal e distrital. Em Berlim, desde 1995, alguns trabalhos também foram realizados para fins de planejamento, bem como para auxiliar projetos que visassem aumentar espaços verdes abertos, além de tentar controlar a poluição do ar. Com o intuito de ajudar e orientar a criação de UCMaP ao longo da Alemanha, foi criada a “Diretriz Nacional – VDI 3787”, criada pelo grupo de trabalho de UCMaP do Comitê Alemão Nacional e Climatologia Urbana Aplicada, cujo o principal objetivo era criar e padronizar símbolos e representações usados em UCMaP, além de também criar um padrão para a sua aplicação. Deste modo, a “Diretriz Nacional – VDI 3787” tornou-se uma referência não só para os estudos feitos para a Alemanha, mas também para estudos feitos em todo o mundo.

Mais recentemente – começo dos anos 2000 -, na Europa, mais trabalhos têm sido elaborados, principalmente após eventos significativos de ondas de calor nos anos de 2003 e 2006; em Paris - França, por exemplo, houve um maior interesse nos estudos do clima urbano, uma vez que a onda de calor do ano de 2003 teve grande impacto; os pesquisadores começaram a tentar entender como as construções no espaço urbano influenciavam no aumento das temperaturas. Na Ásia, o Japão, com a ajuda de pesquisadores alemães, foi o pioneiro na elaboração de UCMMap, criando projetos de estudos para as regiões metropolitanas do país; além do mais, desde o ano 2000, o Ministério do Meio Ambiente do Japão (MOE) e o Ministério da Terra, Infraestrutura e Transporte (MLIT) têm trabalhado fortemente na elaboração de UCMMap. Em Tóquio, o Governo Metropolitano de Tóquio, começou a desenvolver seus trabalhos de clima urbano no intuito de compreender e tratar os efeitos das ilhas de calor.

A maioria dos estudos da UCMMap, nas últimas décadas, se concentrou em cidades de densidade média, mas desde o ano de 2006, o professor Ng, da Universidade Chinesa de Hong Kong, liderou pesquisas de implementação de estudos da UCMMap voltados para cenário de centros urbanos de alta densidade; seu grupo de estudos construiu, então, UCMMap para a cidade de Hong Kong (China) baseado na carga térmica, potencial dinâmico e informações sobre circulação do vento (REN, 2011, *apud* Ng, *et al*, 2009); ele considerou os estudos que já haviam sido feitos na Alemanha – que levam em consideração o tipo de solo, a geomorfologia, a hidrografia, etc -, mas também enfatizou sobre a importância de observar os tipos de construção da área urbana em análise, que podem impactar diretamente o clima de tal área. Por fim, seus estudos levaram em consideração a questão do conforto térmico, propondo um planejamento urbano que não descartasse essa problemática.

Um UCMMap é resultado não apenas de observações dos elementos atmosféricos, mas de observações das características de todos os elementos que compõem o espaço urbano, incluindo os aspectos físicos e a própria estrutura e organização desses espaços urbanos (fig. 13).

Figura 13. Fluxograma de elaboração de um UCMaP.



Fonte: Chao Ren (2011), Org. Hendrea Benedetto (2018).

É interessante ressaltar que para cada cidade que fora proposta a elaboração de um UCMaP, ocorreram adaptações, e naturalmente houve resultados diferentes; isso porque os objetivos foram diferentes. Nas cidades da Alemanha, por exemplo, uma das maiores preocupações era o frio extremo; no caso de Manaus, uma das características mais evidentes é a temperatura elevada; por este motivo, analisar a cidade desse ponto de vista se torna relevante.

2.2 Elaboração e uso do Mapa de Clima Urbano (UCMaP) na América do Sul e no Brasil.

Os trabalhos desenvolvidos na América do Sul ainda são escassos; no Brasil; em 2005 o professor Katzschner apresentou uma metodologia para avaliação das condições climáticas através de áreas homogêneas, para fins de planejamento urbano. A cidade de Salvador -BA foi a primeira a tentar aplicar esta metodologia (FERREIRA et al, 2016). Em João Pessoa (PB), Souza (2011), em sua dissertação de mestrado, desenvolveu um relevante trabalho, cujo resultado gerou um mapa climático para a cidade; ele utilizou, principalmente, ferramentas do tipo SIG. Também houve trabalho desenvolvido para a cidade de Campinas (SP), por

Prata-Shimomoura *et al* (2015), que enfatizava a circulação do vento na cidade; porém, este não fora aplicado ao planejamento urbano municipal (FERREIRA *et al*, 2016). Para Belo Horizonte (MG), Ferreira (2016), desenvolveu seu mapa climático, levando em consideração, principalmente, as características da geografia física da cidade; ele separou 5 camadas, representadas por mapas de volume edificado (camada 1), áreas verdes (camada 2), declividade (camada 3), áreas não permeáveis (camada 4) e rugosidade (camada 5). Este último trabalho foi desenvolvido sob supervisão do professor Lutz Katzschner.

Para as cidades amazônicas, ainda não há registros de tentativas de elaboração e implementação de mapas climáticos do tipo UCMaP. Para cidade de Manaus (AM), a tentativa é a identificação das Unidades Climáticas inseridas no perímetro urbano da cidade, onde a escala do Topoclima seria o mais viável. Portanto, para que se consiga o resultado esperado, mapas de altimetria, de uso do solo, mapa de densidade demográfica, mapa de temperatura da superfície, temperatura máxima, média e mínima do ar, mapa de vegetação e ocupação do solo serão utilizadas numa tentativa compreender os diversos aspectos naturais e sociais que possam contribuir para a compressão do clima urbano da cidade.

2.3 Unidades climáticas e suas escalas

Não é possível afirmar que há climas idênticos no globo, mas é possível encontrar pelo menos dois tipos de climas com características similares. Deste modo, essas características semelhantes podem ser conhecidas como uma região ou unidade climática; é uma forma de reconhecer os climas que não são homogêneos, mas que se aproximam em suas características (ASSIS, 2010).

Para o clima urbano - quando não tratado como clima homogêneo - chegar a um consenso entre definições taxonômicas foi um caminho difícil, uma vez que houve uma imprecisão que debilitava qualquer definição. Para Monteiro (1975):

“Toda essa imprecisão é extremamente incômoda para a definição do clima urbano, já que também a cidade é igualmente variada em ordem de grandeza. Normalmente, o clima urbano tem sido apontado como clima local modificado. Mas a metrópole pode ultrapassar esse limite enquanto

a megalópole se amplia no regional. Tudo isso demonstra a debilidade de qualquer definição ao nível taxonômico”.

A dificuldade de atribuições taxonômicas ao clima urbano exigiu esforços até o surgimento de uma hierarquia que viabilizaria a compreensão e espacialização e organização das características climáticas presentes na área urbana. Deste modo, Monteiro (1975) faz referência ao Mesoclima, Topoclima e Microclima:

“Do tronco inicial da superfície terrestre, passam a desdobrar-se os grandes galhos da organização zonal, dos quais emergem os galhos regionais até os ramos locais. Como a divisão (fragmentação) pode ser infinita, o processo poderá ser retomado no nível local, que, desse tronco unificador, poderá ser desmembrado em meso, topo e microclimáticas”.

Pág. 143

Para analisar o clima urbano de Manaus há de se observar pelo menos uma unidade climática: Topoclima. Isso porque observar os microclimas exige uma maior precisão, e para o presente trabalho é inviável catalogar e analisar dados tão precisos. Para Assis (2010), o Topoclima:

“Caracteriza locais com comportamentos microclimáticos parecidos ao nível da *camada de cobertura urbana* (UCL). Podem estar associados a um tipo de uso do solo (área residencial, área comercial, área industrial, parque, bairro, etc) ou a condições topográficas específicas (divisor de água, vale, colina, vertente, etc). As dimensões espaciais variam de 100m até 10.000m na horizontal e podem chegar aos 1000m de altitude”. Pág. 43.

Segundo Monteiro (1975), “um mesoclima pode ser um conjunto de topoclimas”, ou seja, um Mesoclima depende da caracterização e identificação de topoclimas, possui como base o Topoclima. Na prática, seria um conjunto de bairros integrados que apresentassem características climáticas semelhantes. Segundo Assis (2010), um Mesoclima:

“Caracteriza vários topoclimas, essencialmente ao nível da camada limite urbana (UBL), e corresponde à influência integrada dos bairros. São

consideradas a atuação de barreiras topográficas, grandes bairros, avenidas e distritos industriais. Pode estender-se horizontalmente de 1000m até 20.000m e verticalmente exceder os 3.000m de altitude". Pág. 43

Tendo em vista esta padronização de análise do clima urbano de Manaus, torna-se viável uma avaliação do clima da cidade, não de uma forma homogênea, mas com as particularidades que o presente trabalho investiga. Vale ressaltar que os esforços serão empregados em analisar os Topoclimas, uma vez que os Mesoclimas exigem uma análise com uma gama maior de informações.

MATERIAIS E MÉTODO

3.1 Método de abordagem

O método de abordagem atribuídas a este trabalho baseia-se na Teoria Geral dos Sistemas (T.G.S), sugerida por Bertalanffy, em meados de 1945 (BORGES, 2000); que em linhas gerais, proporciona uma maior flexibilidade e interação entre as mais diversas ciências. Para a Geografia, esse método possibilita que os geógrafos usufruam com melhor qualidade da visão holística que esta ciência sugere. Para os estudos do clima urbano, é de grande aproveitamento a ideia de se observar a composição e características do clima urbano; a população, no geral, faz parte desse clima, a rede hidrográfica presente no meio urbano, também; a vegetação, o terreno, etc.

Além da abordagem sistêmica, os estudos sobre clima urbano de Manaus são baseados de acordo com as análises e sugestões feitas por Monteiro (1976), que faz uma ampla exploração, em sua tese de livre docência, a respeito do clima urbano como um sistema, ou Sistema Clima Urbano (S.C.U) e de como este pode ser entendido. Para compreender o clima urbano de Manaus será utilizado a definição de Topoclima, também mencionada por Monteiro (1976) e utilizada por Assis (2010), em sua tese de doutorado, quando elaborou o Mapa Climático Urbano Analítico (UCMap-An) para a cidade de Belo Horizonte, e publicou artigos a respeito, como na tabela abaixo, onde também faz a classificação dos topoclimas da mesma cidade.

Tabela 1. Classificação dos topoclimas de Belo Horizonte.

	Unidade	Altitude (metros)	Uso e ocupação do solo	Vertentes	Temperatura	Umidade Relativa do Ar
T-I	Topoclima de fundos de vale arborizados	960 a 1080	Florestas em estágio médio e inicial de regeneração e semiurbano florestal	Quadrante sul	19.1°C a 20.5°C	69.4% a 71.9%
T-II	Topoclima de encosta com vegetação rasteira	1025 a 1130	Campo cerrado e semiurbano campestre	Quadrante norte	20.5°C a 20.9°C	67.8% a 69.5%
T-III	Topoclima de topo voltado para nordeste	1150 a 1250	Urbano com edificações comerciais e residenciais entre 3 e 25 pavimentos	Nordeste	20.6°C a 20.9°C	65.4% a 66.4%
T-IV	Topoclima de área urbana	1060 a 1160	Urbano com edificações comerciais e residenciais de até 24 pavimentos	Quadrante sul	20.5°C a 20.9°C	66.4% a 69.5%
T-V	Topoclima de topo voltado para norte e densamente urbanizado	1150 a 1200	Urbano com edificações residenciais de 20 a 27 pavimentos	Norte	20.9°C a 22.1°C	65.4% a 64.6%
T-VI	Topoclima de topo voltado para sul	1150 a 1310	Urbano com edificações residenciais de 16 a 27 pavimentos	Sul	20.6°C a 20.9°C	65.4% a 66.4%
T-VII	Topoclima de topo voltado para norte com ocupação urbana esparsa	1150 a 1200	Urbano com edificações residenciais esparsas	Quadrante norte	20.6°C a 20.9°C	66.4% a 67.8%

Fonte: Machado e Assis, 2017.

A tabela 1 representa dados que caracterizam as classificações dos topoclimas da cidade de Belo Horizonte (MG); foram cerca de sete unidades de topoclima encontrados. Com base nisso, para Manaus, serão feitas adaptações, utilizando os recursos disponíveis para caracterizar as unidades topoclimáticas da cidade.

3.2 Dados Gerais

Para elaborar um mapa que represente as características do clima urbano da cidade, vários tipos de dados serão analisados; esses são oriundos de vários aspectos, tanto do aspecto físico, quanto dos aspectos dos elementos atmosféricos e aspectos sociais/populacionais. A finalidade é entender o contexto climático na qual a cidade está inserida, e por fim correlaciona-los a fim de caracterizar os topoclimas existentes na área urbana de Manaus.

3.2.1 Dados Fisiográficos

Os dados fisiográficos fazem referência à Geografia Física da área urbana da cidade de Manaus, com eles é possível entender a questão natural em que a cidade está inserida. Esses elementos estão interligados ao clima da cidade, por esse motivo é importante avaliá-los. A partir dos dados, foram elaborados mapas de altimetria e ocupação do solo, para analisar os aspectos físicos da cidade.

3.2.1.1 Mapa de altimetria

Os dados de altimetria foram obtidos através do site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>), com resolução de 30m; são de configuração Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), do ano de 2011, na última atualização. Foram utilizadas 4 cartas de SRTM, de códigos: 02S615, 02S60, 03S60 e 03S615. Com essas quatro cartas foi feito um mosaico, em cima da imagem foi colocado o *shapefile* da delimitação dos bairros de Manaus, recortando a imagem em cima dessa informação, usando o ArqGis 10.4.

3.2.1.2 Mapa de ocupação do solo

Baseado no que diz Monteiro (1990), “uma boa carta de uso do solo é um documento básico e tem sido sempre exaltado como imprescindível ao estudo do clima urbano”. Na verdade, Manaus não possui registros precisos de como o sítio urbano é ocupado, mas com imagem do satélite Sentinel 2 foi possível observar as áreas ocupadas e os fragmentos florestais existentes na cidade. O software utilizado para trabalhar os dados foi o Envi 5.3. As imagens do satélite foram retiradas no site USGS GLOVIS (<https://glovis.usgs.gov/>); a resolução das imagens é de 10 m, do ano de 2016. Foi feito o uso de composições coloridas das bandas 2, 3 e 4 para gerar as imagens. O método utilizado foi o de classificação

supervisionada, que se baseia na identificação de diferentes classes comportamentos espectrais diferenciados, ou seja quando uma determinada área é selecionada, as outras áreas que possuem as mesmas características (ex: fragmento florestal), são automaticamente reconhecidas pelo software, a partir disso, o próprio software gera uma porcentagem das áreas selecionadas.

3.2.2 Dados de elementos atmosféricos

Os dados dos elementos atmosféricos conta, basicamente com dados de temperatura do solo, temperatura do ar, umidade relativa e precipitação. Esses dados informam o contexto atmosférico da cidade de Manaus. Eles são a base para que se compreenda o clima das mais diversas escalas.

3.2.2.1 Mapas da temperatura da superfície de Manaus

As imagens utilizadas na elaboração dos mapas de temperatura de superfície foram extraídas do satélite LandSat 8, da Banda 10 - Infravermelho Termal/TIRS 1 (10.6 - 11.19 μm) 100 m - tratada e disponibilizada com pixel de 30 metros. As imagens foram trabalhadas pelo software ArcGis 10.4; a resolução dos mapas é de 100m. A imagem do mapa de temperatura mais elevada é do dia 30 de Julho de 2017; a do mapa de temperatura menos elevada é do dia 22 de Fevereiro de 2018; essas duas datas foram escolhidas porque cada mês representa o período chuvoso e não chuvoso, respectivamente; os dias foram escolhidos por serem dias com menor índice de nebulosidade na área urbana de Manaus.

O satélite faz registros na cidade entre os horários de 10:00h e 11:00h da manhã, por isso não foi possível coletar dados de temperaturas em horários mais quentes. A delimitação da área urbana de Manaus foi obtida através de dados do Instituto Municipal de Planejamento Urbano (IMPLURB), através de shapefile com delimitação dos bairros e da área urbana da cidade. Esse mesmo dado foi utilizado na elaboração de todos os mapas deste trabalho.

Para analisar a temperatura via graus Celsius houve transformação nos dados; primeiro é feito o cálculo em radiância, seguindo o método de Coelho e Correa (2013) para chegar ao cálculo de convenção de temperatura: $T = (K_2 / (\ln(K_1 / L?) + 1)) - 273.15$, ou:

T: Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K)

K_2 : Constante de calibração 2 = 1.321.08 (K)

K_1 : Constante de calibração 1 = 774.89 (K)

$L?$: Radiância espectral em Watts/(m² sr μm)

O resultado dessa equação vai gerar os dados da temperatura em graus Celsius.

3.2.3 Dados populacionais

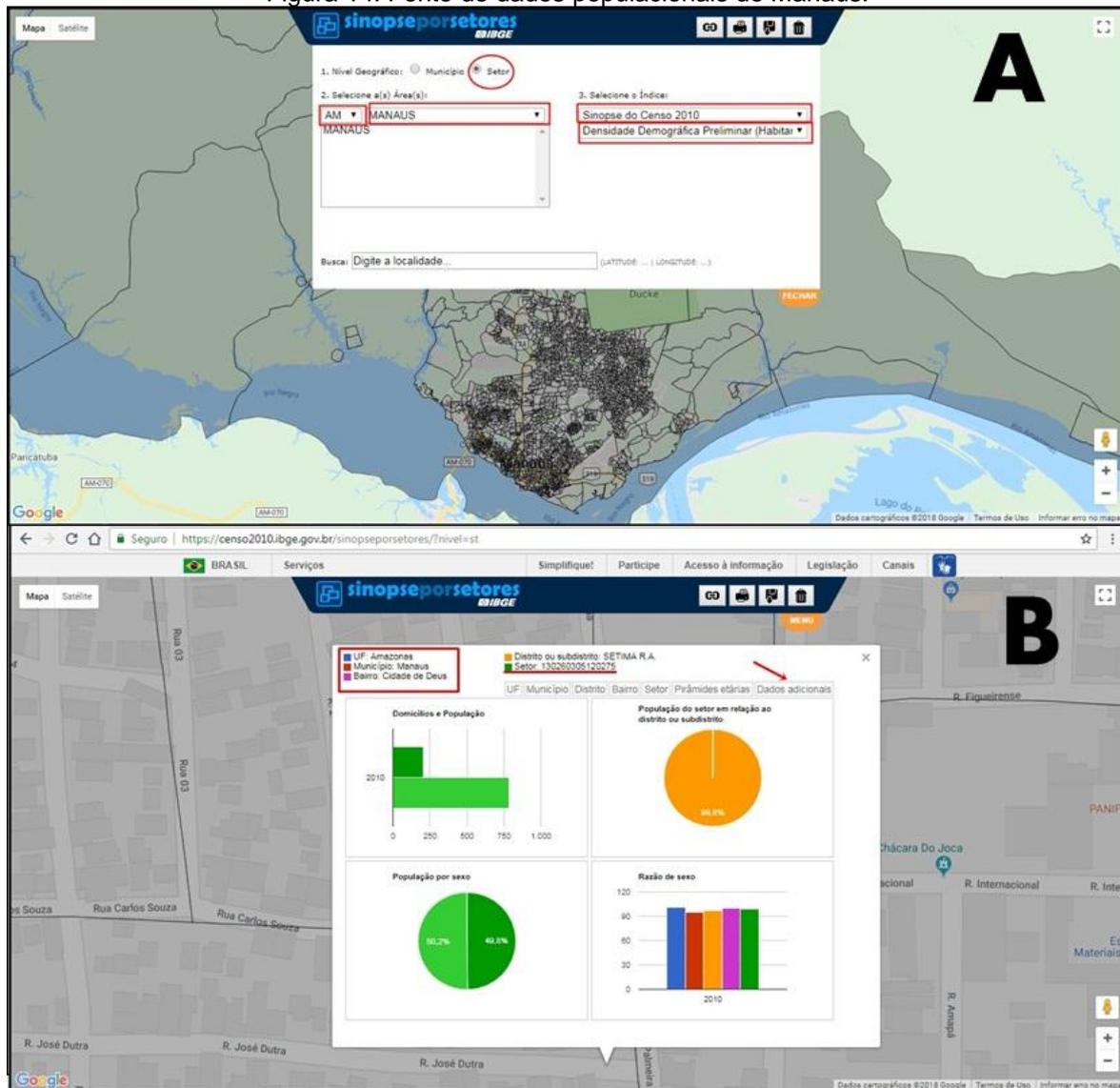
Os dados populacionais são de grande contribuição para a compreensão da ocupação da área urbana de Manaus. Com eles é possível conhecer a densidade demográfica, por exemplo; e a partir disso compreender a espacialização da população no meio urbano da cidade. Também é possível conhecer quais bairros são mais e menos populosos.

3.2.3.1 Mapa de densidade demográfica por bairro

Os dados referente à população de Manaus foram obtidos dos registros oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), disponibilizados em seu site oficial (<https://www.ibge.gov.br/>), no ícone Censo Demográfico 2010 (<https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>) e Sinopse por Setores (<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/>), onde dados demográficos por setores estão disponibilizados (fig. 14). Para a cidade de Manaus, esses setores representam parte de um bairro, onde, cada um apresenta sua própria característica, como o número de habitantes do setor e do bairro.

Após acessar Sinopse por Setores, selecionar ícone “setor”, depois ir em “2. Selecionar a(s) Área(s)” e escolher estado e município, em seguida “3. Selecionar Índice” e escolher “Sinopse do Senso 2010”, selecionar “Densidade Demográfica Preliminar (Habitantes)”, depois escolher “Dados adicionais”, onde estão os dados setoriais e por bairro.

Figura 14. Fonte de dados populacionais de Manaus.



Fonte: IBGE, 2010. Org. Hendrea Benedetto. 2018.

Retirados os dados, estes foram organizados em planilha Excel Microsoft 2013, obedecendo às ordens de sequência dos mapas. Os dados de densidade

demográfica foram retirados da mesma fonte, uma vez que estes são disponibilizados por um órgão oficial (IBGE), de alto nível de confiabilidade.

Os dados organizados no Excel Microsofit foram unidos aos dados do shapefile dos bairros de Manaus, onde, observando os dados dos tamanhos dos bairros, foi dividido o número de habitantes por km², exemplo: Bairro Planalto, população: 16.283/4,29Km²= 3,79 habitantes por km².

3.2.4 Rede de estações meteorológicas

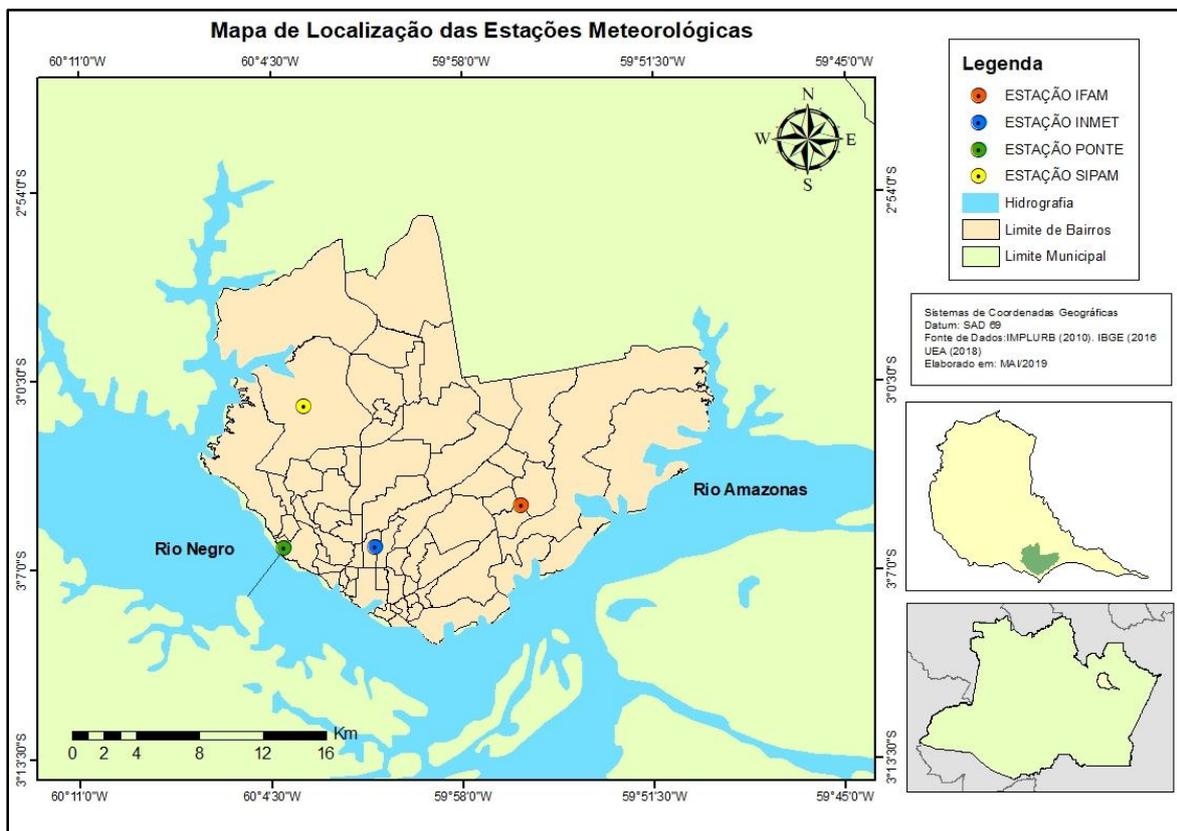
As estações meteorológicas de superfície instaladas no perímetro urbano de Manaus foram instaladas a partir do ano de 2010, e são administradas pelo Laboratório de Instrumentação Meteorológica da Escola Superior de Tecnologia (EST) da Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Estas estações se encontram em pontos estratégicos, como a Estação EST, localizada na Escola Superior de Tecnologia (UEA), no bairro Parque Dez de Novembro, Zona Centro-Sul; Estação INPA, localizada na Instituição Nacional de Pesquisas da Amazônia, no bairro Petrópolis, Zona Sul; Estação Policlínica, localizada na Policlínica Odontológica da UEA, no bairro Cachoeirinha, na Zona Sul; Estação CMM, localizada no Colégio Militar de Manaus, no bairro Centro, na Zona Sul; Estação Ponte, localizada na Ponte sobre o Rio Negro Manaus-Iranduba, no bairro Compensa, Zona Oeste; Estação IFAM, localizada no Instituto Federal do Amazonas, no bairro São José Operário, na Zona Leste da cidade; além da estação localizada na Rodovia AM 010.

Apesar de haver diversas estações que contemplam várias áreas da cidade de Manaus e área rural, apenas 2 destas catalogaram dados que contribuíram para com este trabalho, são as estações do IFAM e Ponte sobre o Rio Negro, isso porque apenas estas catalogaram dados compatíveis para a análise. Os dados são referentes aos meses de fevereiro e julho de 2017, e os dados coletados foram os de temperatura do ar.

Vale ressaltar, que não há estações suficientes para amparar toda a área urbana da cidade, mas ainda sim, para abranger boa parte desta área, as estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no bairro Adrianópolis,

Zona Centro Sul, e do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM), localizada no bairro Tarumã, Zona Oeste da cidade, serão utilizadas, também, como fonte de dados; estas, junto às outras duas estações, irão compor as quatro estações que contribuíram para a rede de dados que foram utilizados neste trabalho. Os dados foram organizados e trabalhados em planilhas Excel Microsoft, e interpolados no software Arcgis, seguindo o método de Gardman Junior et al (2011). Não há mais estações que contenham dados para o período analisado, por esse motivo, apenas essas quatro estações foram utilizadas para compor a rede de dados de temperatura para a cidade. O mapa 1 espacializa as estações meteorológicas.

Mapa 1. Estações meteorológicas instaladas no perímetro urbano de Manaus.



Fonte: Universidade do Estado do Amazonas. Org: Igor Amorim, 2018.

A maioria das estações estão relativamente próximas, mas ficam “órfãos” destas as áreas Centro-Norte, extremo Leste e extremo Norte. Essas áreas serão

analisadas a partir de imagens de temperatura do satélite LandSat 8, e dados de ocupação do solo, do satélite Sentinel 2.

3.2.5 Mapa de Unidades Climáticas em escala de Topoclima

O mapa climático analítico urbano será elaborado a partir de dados meteorológicos de temperatura de ar, duas estações da rede de estações meteorológicas instaladas pelo Laboratório de Instrumentação Meteorológica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, e com eles serão criadas camadas que irão se sobrepor, evidenciando as áreas de características semelhantes, e a partir disso, definir os topoclimas da cidade; trabalhadas no software Arqgis 10.4.

CAPÍTULO 2. RESULTADOS:

Os primeiros mapas elaborados são: mapa de uso do solo; mapa de distribuição da população por bairro e mapas de temperatura. Estes são componentes do UCMaP-An. O mapa de uso do solo ajudará a entender as características de ocupação do solo para a cidade de Manaus; o mapa de densidade demográfica vai evidenciar os bairros mais densamente ocupados; o mapa de temperatura vai apontar, principalmente, as áreas mais quentes da cidade, além das áreas mais frescas, também.

Oficialmente, a cidade de Manaus possui 63 bairros (IBGE, 2010), e como reflexo de uma cidade não planejada, estes não possuem nenhum tipo de padrão preestabelecido de tamanho, de ocupação por km², de uso e ocupação do solo, etc. Para melhor compreender os resultados dos mapas, os bairros estarão enumerados em tabelas abaixo, de 0 a 62, com o número de habitantes. Essa enumeração não segue nenhum padrão oficial, será feita apenas como auxílio para análise dos mapas.

Tabela 2. Bairros de Manaus e seus respectivos habitantes.

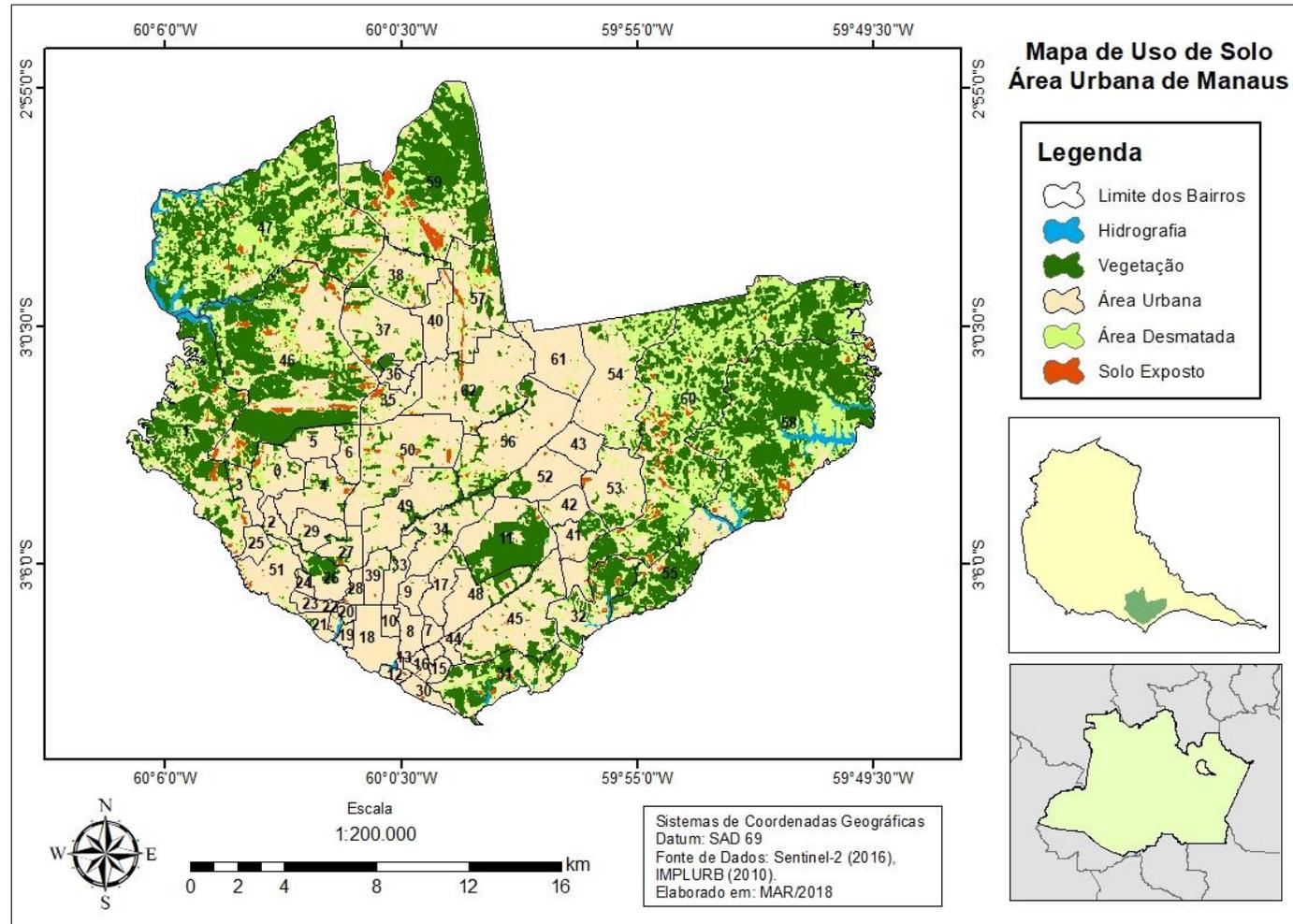
NO MAPA	BAIRRO	POPUL.	NO MAPA	BAIRRO	POPUL.	NO MAPA	BAIRRO	POPUL.
0	PLANALTO	16.283	21	SÃO RAIMUNDO	15.395	42	ZUMBI DOS PALMARES	35.159
1	PONTA NEGRA	5.007	22	GLÓRIA	8.981	43	TANCREDO NEVES	48.833
2	NOVA ESPERANÇA	17.696	23	SANTO ANTÔNIO	19.757	44	CRESPO	15.451
3	LÍRIO DO VALE	21.534	24	VILA DA PRATA	11.041	45	DISTRITO INDUSTRIAL I	2.708
4	ALVORADA	64.621	25	SANTO AGOSTINHO	16.593	46	TARUMÃ	28.057
5	REDENÇÃO	35.166	26	SÃO JORGE	21.643	47	TARUMÃ-AÇÚ	12.053
6	DA PAZ	15.193	27	CHAPADA	11.182	48	JAPIIM	53.371
7	RAIZ	14.122	28	SÃO GERALDO	7.599	49	PARQUE 10 DE NOVEMBRO	41.256
8	CACHOEIRINHA	16.948	29	DOM PEDRO I	17.071	50	FLORES	48.098
9	SÃO FRANCISCO	16.824	30	COLÔNIA OLIVEIRA MACHADO	8.506	51	COMPENSA	75.832
10	PRAÇA 14 DE JANEIRO	10.251	31	VILA BURITI	1.827	52	SÃO JOSÉ OPERÁRIO	66.169
11	COROADO	51.354	32	MAUAZINHO	23.561	53	GILBERTO MESTRINHO	55.347
12	EDUCANDOS	15.857	33	ADRIANÓPOLIS	8.847	54	JORGE TEIXEIRA	112.879
13	SANTA LUZIA	6.503	34	ALEIXO	20.655	55	COLÔNIA ANTÔNIO ALEIXO	16.602
14	BETÂNIA	10.946	35	COLÔNIA SANTO ANTÔNIO	17.638	56	NOVO ALEIXO	96.611
15	SÃO LÁZARO	11.934	36	NOVO ISRAEL	16.823	57	NOVA CIDADE	59.576
16	MORRO DA LIBERDADE	11.909	37	COLÔNIA TERRA NOVA	45.076	58	PURAUQUARA	5.856
17	PETRÓPOLIS	41.211	38	SANTA ETELVINA	26.261	59	LAGO AZUL	7.632
18	CENTRO	33.183	39	NOSSA SENHORA DAS GRAÇAS	15.116	60	DISTRITO INDUSTRIAL II	3.899
19	NOSSA SENHORA APARECIDA	6.996	40	MONTE DAS OLIVEIRAS	40.162	61	CIDADE DE DEUS	70.142
20	PRES. VARGAS	7.944	41	ARMANDO MENDES	28.288	62	CIDADE NOVA	121.135

Fonte: IBGE, 2010. Org.: Hendrea Benedetto, 2018.

4.1 Mapa de uso do solo

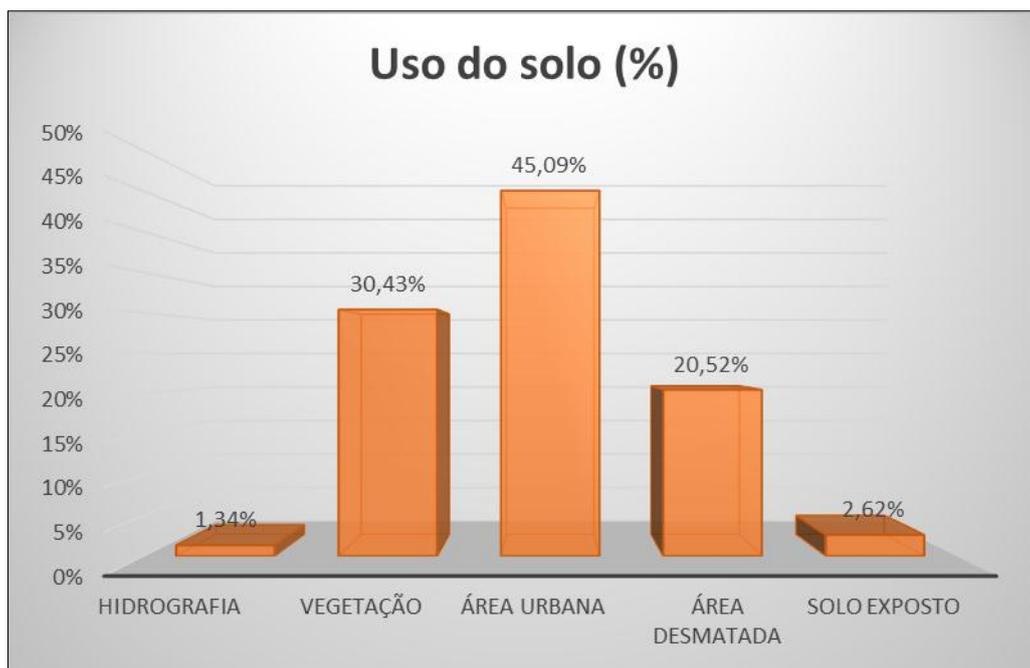
O mapa de uso do solo da área urbana de Manaus mostra que maior parte do espaço urbano está ocupado, com uma porcentagem de 45,09%; em seguida vem as áreas de vegetação, que somam 30,43%; depois vem o índice desflorestamento, com 20,52%; solo exposto equivalem a 2,62%; e por fim, a hidrografia aponta 1,34% (gráfico 1). Também é observado que as áreas menos densamente ocupada - ou ainda com maiores áreas florestadas - são o extremo leste, extremo oeste e extremo norte da cidade; a área central apresenta maior índice de ocupação, e menor índice de áreas florestadas.

Mapa 2. Ocupação do solo da área urbana de Manaus.



Fonte: Org. Hendrea Benedetto, 2018.

Gráfico 1. Porcentagem do uso do solo na área urbana de Manaus



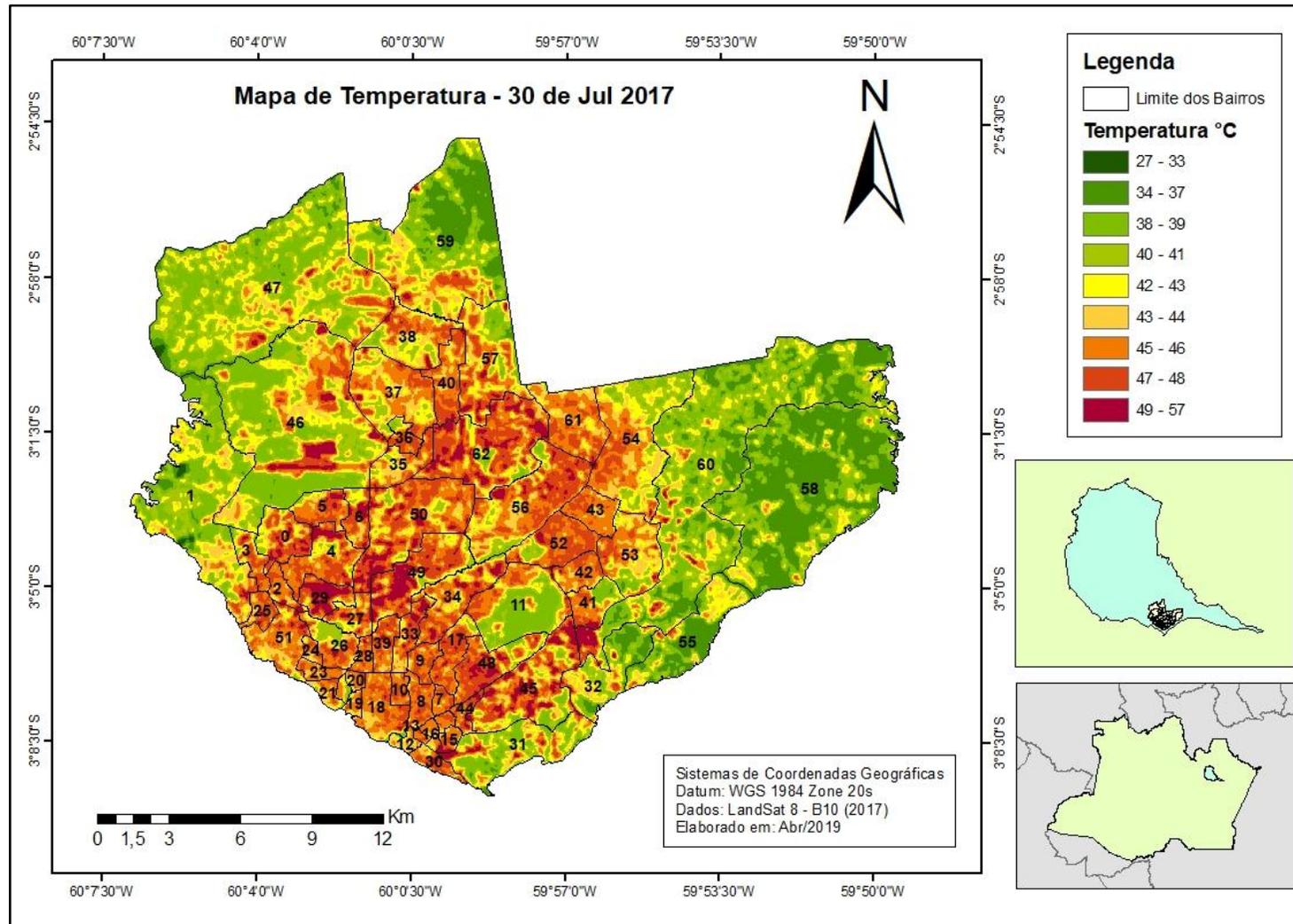
Fonte: <https://glovis.usgs.gov/>; Org. Igor Carvalho, 2018.

Este mapa, juntamente aos mapas de temperatura, em parte, justificam uns aos outros, uma vez que eles apontam para a área central da cidade, indo de norte ao sul, assim como apontam menos impactos nos extremos leste e oeste; isso porque nessas regiões a densidade de ocupação é mais branda, e há mais áreas florestadas. A medida em que uma determinada área tem seus aspectos naturais alterados, a tendência é que haja alterações, principalmente na temperatura; a medida em que o solo ou a superfície dele é modificado, principalmente mudanças de grande relevância, há maior probabilidade de mudanças nas configurações da temperatura local. Uma das áreas mais evidentes nos mapas de uso do solo e temperatura, é a área pertencente ao Aeroporto Eduardo Gomes, que está inserido em dois aspectos diferentes, um deles é que, pelo local em que a pista se encontra, há um índice de temperatura bastante elevado, que tem o pico de entorno de 34°C a 36°C, segundo o mapa de temperatura (mapa 2), isso porque é uma área de tráfego de aeronaves de grande porte, com uma pista asfaltada e relativamente grande; em contraste a isto, o redor da estrutura do aeroporto é de uma área florestada relativamente grande.

4.2 Mapas de temperatura da superfície de Manaus

O mapa de temperatura da superfície da área urbana de Manaus apresenta variação de temperatura, que vão de 27°C a 57°C, mas vale ressaltar que os valores extremos para lugares específicos, não representando a totalidade da área; além do mais, o mapa mostra que, em boa parte, a temperatura varia de 42°C a 48°C, no geral. Nota-se que os extremos leste, extremo oeste e extremo norte apresentam, em maior parte, entre 27°C e 41°C, isso porque apresenta menor índice de ocupação e desmatamento, fazendo com que as temperaturas sejam mais baixas. Os maiores índices de temperatura se concentram na parte central da cidade, que também é onde está mais densamente ocupado (mapa 2). É importante frisar que o mês mais indicado para coletar dados de satélite sobre temperatura de superfície, para este trabalho, foi o mês de Julho, por dois motivos: é um dos meses – junto a agosto e setembro-, inseridos no período menos chuvoso para a região, e conseqüentemente, é um dos meses mais quentes, podendo, então, oferecer os índices mais elevados para a cidade de Manaus e torná-los conhecidos; outro motivo seria o fato de que este mês, mais especificamente no dia 30, do ano de 2017, foi o que menos apresentou índices de nuvens sobre Manaus, possibilitando a captação de imagens com maior nível de confiabilidade; além do mais, a escolha de uso de dados mais recentes possíveis se deve ao fato de que estes podem refletir com maior credibilidade os atuais níveis de temperatura da superfície de Manaus. A imagem foi capturada às 10:12 da manhã, do horário de Manaus. Neste dia não houve registro de chuva e a temperatura mínima do ar foi de 24°C, e a máxima de 33°C, segundo o INMET.

Mapa 3 Temperatura da superfície de Manaus do dia 30 de Julho de 2017.



Fonte: LandSat 8. Org. Igor Carvalho e Hendrea Benedetto, 2018.

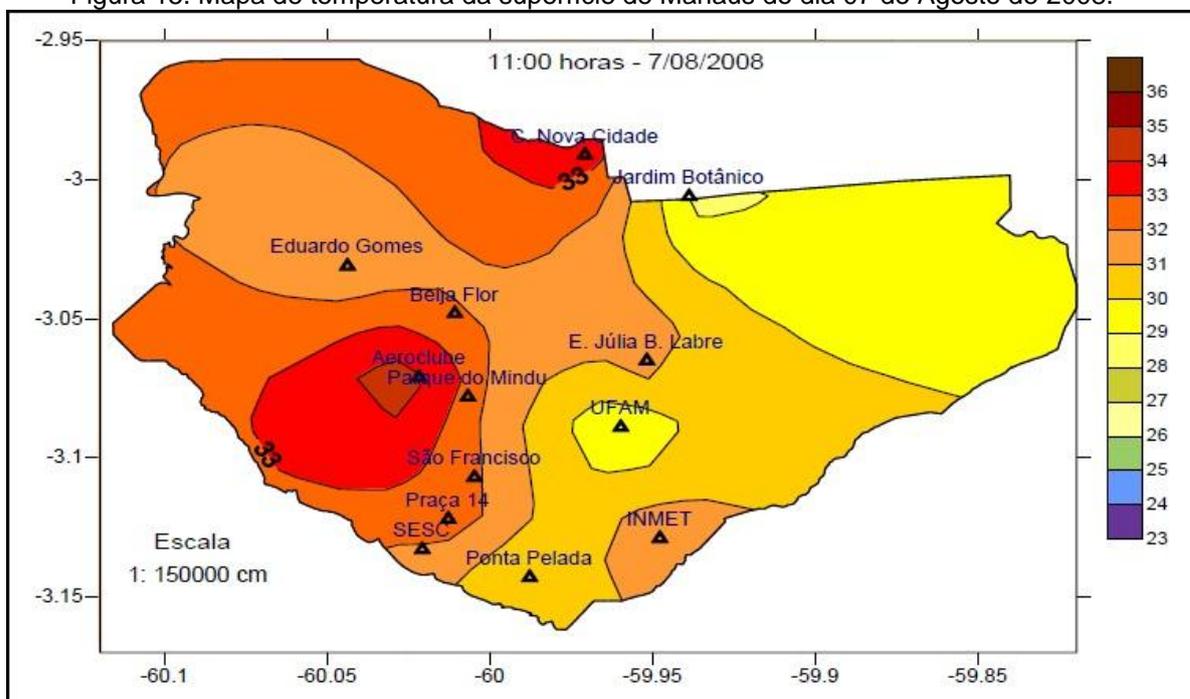
Observando o mapa 3, é notável que alguns bairros possuem temperaturas com índices bastante elevados, como o bairro Parque 10 de Novembro (49), Dom Pedro (29), Cidade Nova (62), Flores (50); além dos bairros na região do centro comercial da cidade. O bairro Tarumã (46) se destaca por possuir uma “mancha” de alta temperatura, que é aonde se localiza o Aeroporto Internacional Eduardo Gomes, onde a temperatura atingiu – no dia 30 de Julho – de 47°C a 57°C; é basicamente um reflexo da pista de pouso e decolagem, além da movimentação de aeronaves; em contrapartida, ao redor do aeroporto a temperatura foi mais amena, não passando de 27°C, isso porque é uma área florestada. Outro bairro de destaque em seus contrastes é o Coroadó (11), onde está localizada a Universidade Federal do Amazonas (UFAM), rodeada por um dos maiores fragmentos florestais da área urbana de Manaus; e por este motivo, reflete dois tipos de temperatura, um mais quente, que registra entre 42°C a 48°C, nas áreas construídas; outro de até 39°C nas áreas onde a vegetação predomina. O bairro Puraquequara (58) é um dos que apresentou índices de temperatura menos elevada em maior parte do território, isso porque, mesmo sendo um dos bairros de maior extensão territorial, é um dos que apresenta menores índices de uso, exposição do solo (mapa 2) ou ocupação, já que o bairro conta com 5.856 habitantes, um número baixo, em relação à maiorias dos outros bairros. O bairro Lago Azul fica no extremo norte da cidade, e reflete o fato de que a ocupação do espaço urbano tende a se intensificar rumo a esta região, e à medida em que essa expansão é “empurrada” para o extremo norte, a área de vegetação vai dando lugar a áreas de ocupação em geral.

Para tentar identificar *ilhas de calor* em Manaus, Silva (2012), coletou dados de temperatura e umidade de pontos estratégicos da cidade, e escolheu o dia 07 de Agosto de 2008 para registrar e analisar. Isso porque Agosto é um dos meses mais quentes e secos para a Região Amazônica, podendo apontar às temperaturas mais elevadas da área urbana de Manaus, facilitando a identificação das *ilhas de calor*. Os dados foram coletados de fontes oficiais como os das estações do Aeroporto Internacional Eduardo Gomes e Ponta Pelada, e INMET no 1º DISME-Manaus localizado no Distrito Industrial, além de usar aparelhos de postos móveis espalhados pela cidade, do tipo Fischer e Incotem de modelo Termo-Hidrogênico

de leitura direta, que registram temperatura e umidade relativa (SILVA, 2012). Para especializar os dados, o pesquisador usou do método de interpolação.

A figura 15 e o mapa 3 divergem em vários momentos, isso porque, primeiramente, os métodos de elaboração são diferentes; a figura 15 foi elaborada a partir de dados pouco precisos, uma vez que foi coletado por meio de pontos em lugares específicos, o que dificulta a espacialização dos mesmos; porém, os resultados são semelhantes em alguns aspectos, como na área da Ufam, que mostra uma temperatura relativamente baixa, em comparação a outras áreas da cidade, além da zona sudoeste também demonstrar o mesmo comportamento de temperatura elevada das duas imagens.

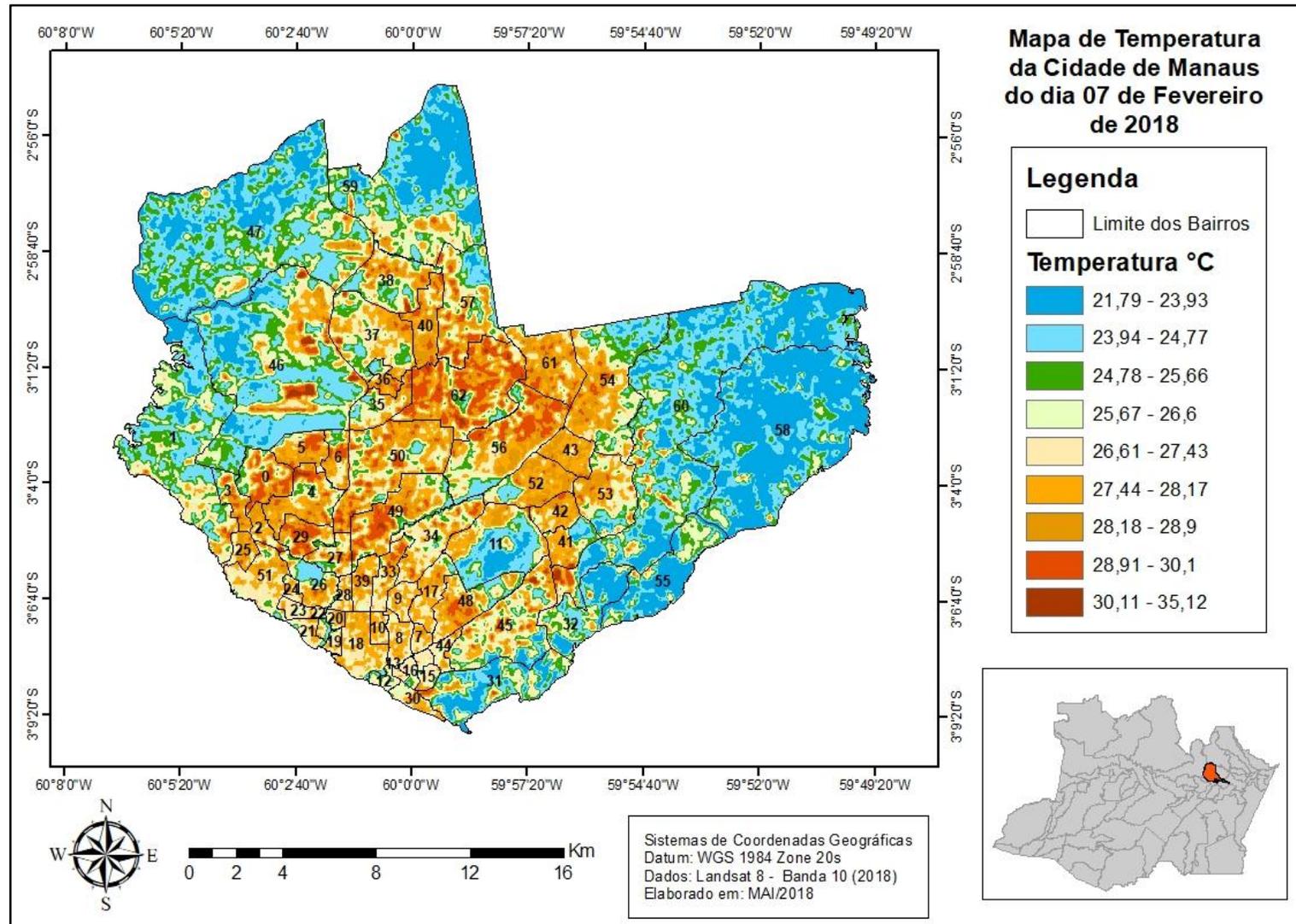
Figura 15. Mapa de temperatura da superfície de Manaus do dia 07 de Agosto de 2008.



Fonte: Org. Daniel Silva, 2012.

Diferente do mapa de temperatura do mês de Julho, o mapa de temperatura do mês de Fevereiro (mapa 4) vai refletir os índices do período chuvoso da região; as configurações na temperatura mudam bruscamente, e ao mesmo tempo, seguem um mesmo padrão de proporção, pois assim como no mês de Julho os extremos leste, extremo oeste e extremo norte são as áreas que apresentam temperaturas menos elevadas. O mapa do mês de fevereiro de 2018 representa o período chuvoso na cidade de Manaus.

Mapa 4. Temperatura da superfície de Manaus do dia 21 de Fevereiro de 2018.

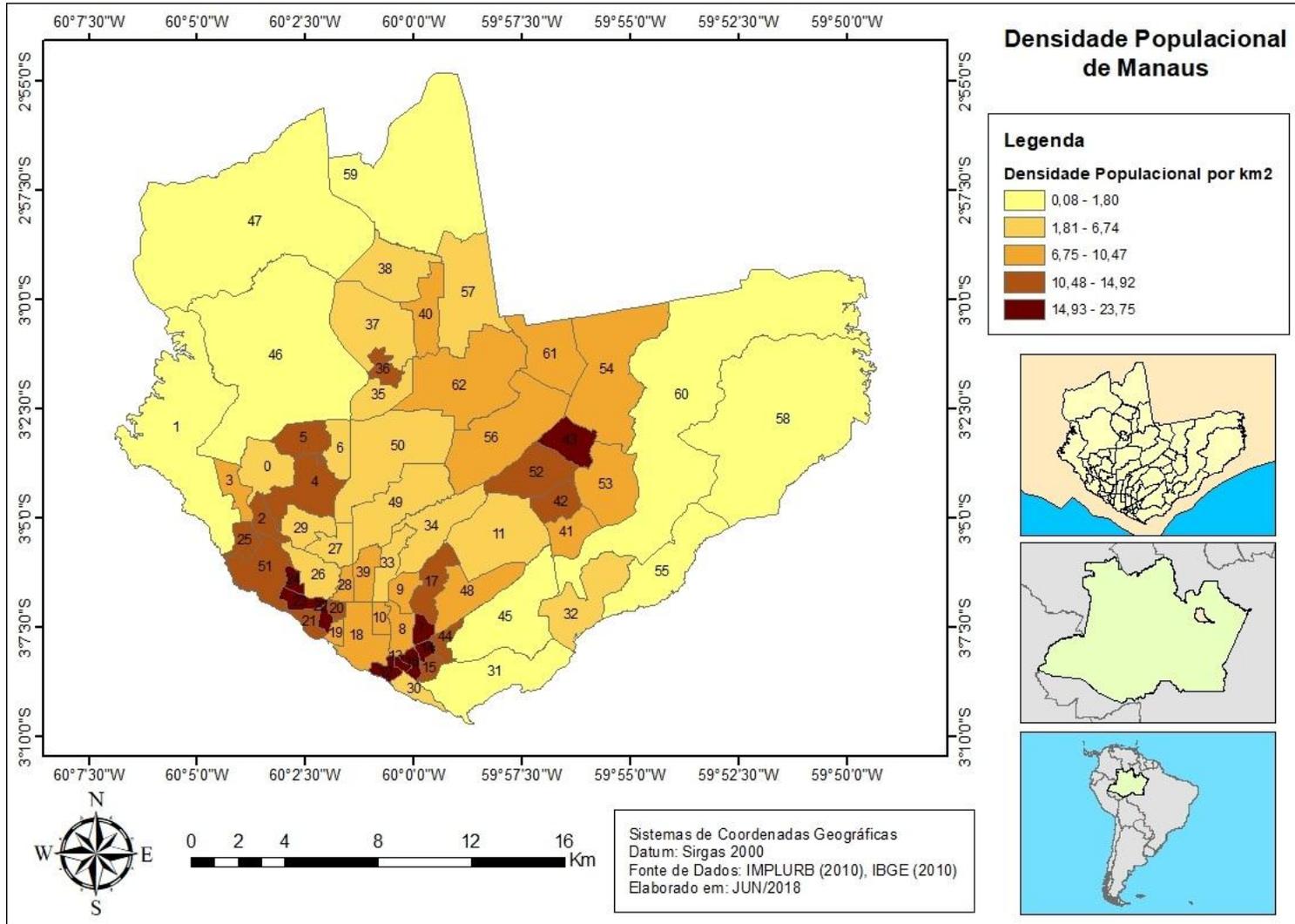


No mês de Fevereiro estes padrões se repetem, porém com temperaturas diferentes, que vão de 21°C a 35°C, onde esses extremos também não representam a totalidade para Manaus, apenas em áreas mais afastadas. No geral, em boa parte da cidade apresenta entre 26°C a 30°C. Os motivos pelos quais os dados de satélite foram extraídos do mês de Fevereiro foram os mesmos pelos quais foi escolhido o mês de Julho, pois assim como este está inserido em uma época menos chuvosa, o mês de Fevereiro está inserido no período mais chuvoso da Região, além do mais, foi escolhido o dia 21 do mês, do ano de 2018, porque apresentava menos nebulosidade em relação aos outros dias dos outros meses chuvosos, além do ano de 2017 não ter nenhum dia desse período chuvoso registrado pelo satélite em boas condições de análise. É importante informar que neste dia houve chuva, porém com um baixo índice, segundo o Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia – Censipam; o índice de precipitação foi de 2,60 mm, o índice de mínimo de umidade foi de 48%, o índice máximo de umidade foi de 90%, o índice mínimo de temperatura foi de 23,30°C, e o índice máximo de temperatura foi de 33,20°C.

4.3 Mapa da densidade demográfica por bairro

A cidade de Manaus possui 63 bairros oficiais (IBGE, 2010), e como aqui já esclarecido, que em sua maioria, surgiram sem planejamento por parte do poder público. Deste modo, estes são estruturados à medida em que foram ocupados; assim, a divisão do espaço não seguiu nenhum padrão de ocupação; esses fatores, juntamente com a proporção do território de cada bairro, justificam a diferença do número de habitantes entre eles. O mapa a seguir mostra a densidade demográfica da cidade de Manaus por bairro, com base nos dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010). O mapa contribui aos *aspectos sociais da área urbana de Manaus*, na elaboração do UCMMap, pois evidencia os bairros mais densamente ocupados.

Mapa 5. Densidade demográfica por bairro.



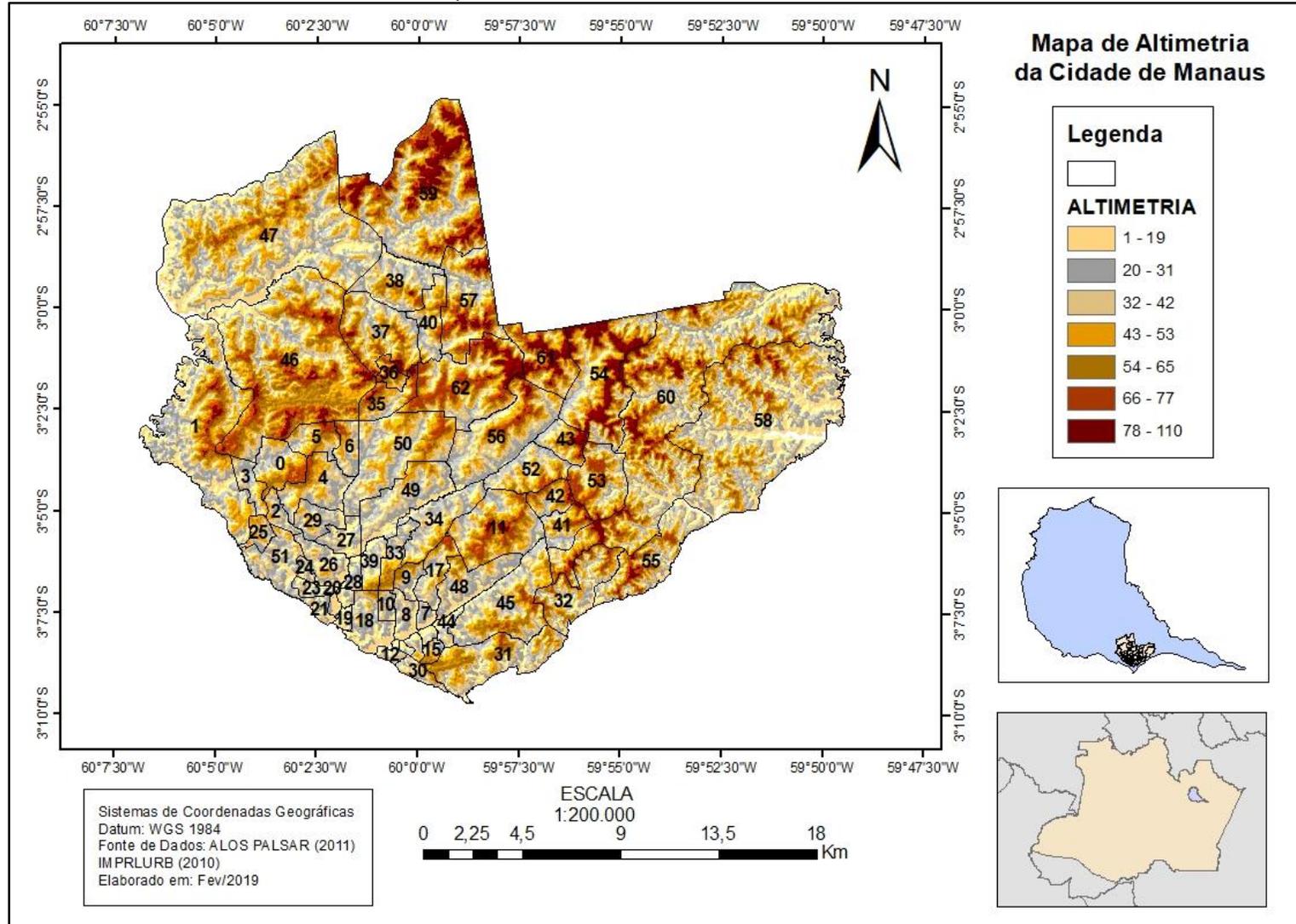
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010. Org. Igor Carvalho, 2018.

Os bairros com maior destaque são os bairros Vila da Prata (24), Santo Antônio (23), Glória (22), Educandos (12), Santa Luzia (13), Morro da Liberdade (16), Betânia (14), Raiz (7) e Tancredo Neves (43). Esses bairros variam entre 14,93 e 23,75 de habitantes por Km². A maioria desses bairros está concentrada na região do Centro Histórico da cidade, primeira região a ser ocupada historicamente, e isso também pode justificar o mapa de temperatura de superfície, que aponta temperaturas elevadas nesses bairros, pois uma vez que estes são densamente ocupados, a tendência é que haja bastante interferência no meio natural, e com isso, menores índices de área arborizadas. No geral, a ocupação da cidade é mais intensa na região central, nas direções Norte e Sul.

4.4 Mapa de altimetria

O mapa altimétrico da área urbana de Manaus sugere que as elevações variam de 0 a 120 metros, mas maior parte varia entre 25 e 100 metros. Os bairros em destaque são Lago Azul (59) – no extremo norte da cidade -, que apresenta até 120 metros; o bairro Tarumã (46), que apresenta uma faixa homogênea de 63-81 metros, evidenciando a pista do aeroporto Eduardo Gomes; bairro Coroado (11), que se comparado ao mapa de temperatura (mapa 3), é perceptível uma compatibilidade de terreno elevado como área de temperatura mais amena, e o terreno mais baixo, uma temperatura mais elevada, isso se deve ao fato de que na área em que a temperatura é mais elevada, é área de intensa ocupação do solo, e área de temperatura menos elevada, é a área pertencente à UFAM, com grande cobertura vegetal, como aqui já citado. No geral, os bairros localizados na área do centro comercial são os que possuem elevações mais baixas, de 7 a 44 metros; os bairros que apresentam maiores elevações em maior parte do território são os bairros Cidade Nova (62), Cidade de Deus (61), Jorge Teixeira (54), Novo Israel (36) e Tancredo Neves (43).

Mapa 6. Altimetria da área urbana de Manaus.



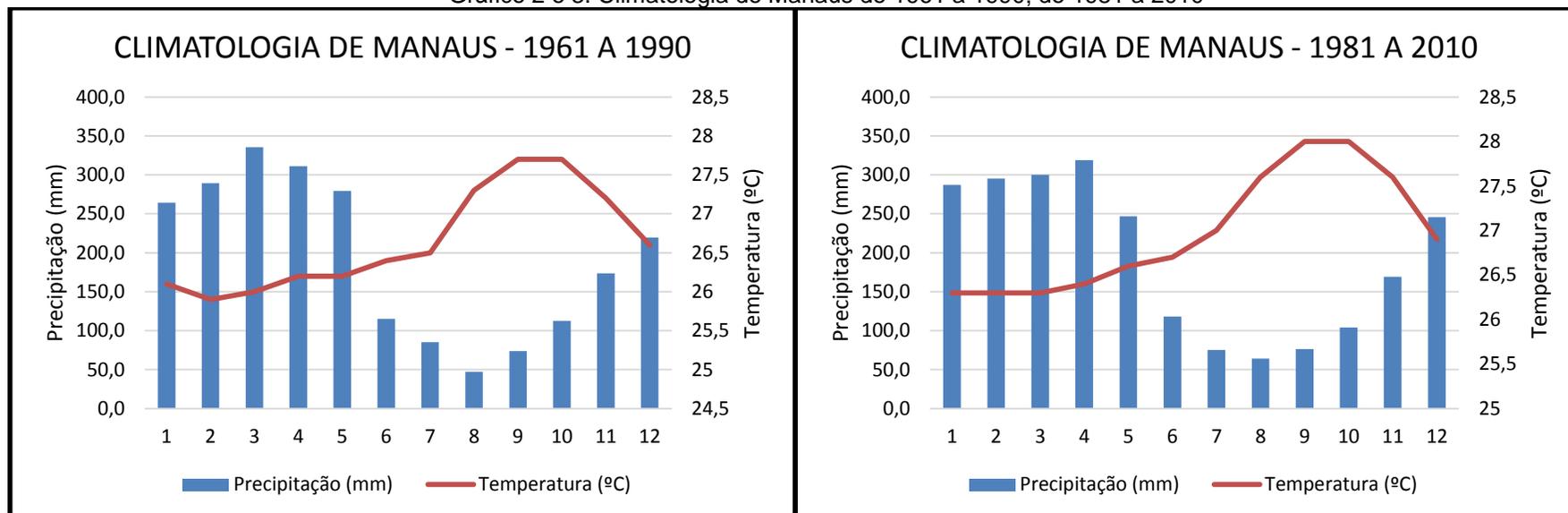
Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Org. Igor Carvalho, 2018.

Tentar compreender as elevações no terreno da cidade é significativo, a medida em que a circulação do vento e a distribuição da precipitação podem estar diretamente ligados a esse fator. Além do mais, também esclarece sobre a ocupação ou não de terrenos muito baixos ou muito elevados.

4.5 Dados da climatologia de Manaus

Os dados climatológicos de precipitação e temperatura de Manaus permitem que se compreenda o padrão de precipitação e temperatura da cidade. Estes dados são do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que trata de uma média mensal catalogada desde o ano 1961 ao ano 1990 (gráfico 2) e dos anos 1981 ao ano 2010 (gráfico 3), onde as médias variam em alguns momentos, como da temperatura, que é mais elevada no gráfico 3, os meses de janeiro e fevereiro passam a chover mais, assim como o mês de abril ultrapassa o mês de março e se torna o mês com maior índice de precipitação, no ano.

Gráfico 2 e 3. Climatologia de Manaus de 1961 a 1990; de 1981 a 2010



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Org.: Hendrea Benedetto

No geral, fevereiro é um dos meses mais chuvosos para Manaus, bem como julho é um dos menos. Segundo dados do INMET, a média climatológica de precipitação do mês de fevereiro é de 295,1 mm, e a de temperatura é de 26,3 °C; a média de precipitação do mês de julho é de 75,4 mm, e a de temperatura é de 27°C.

O mês de fevereiro é um dos mais chuvosos porque está inserido no período de atuação da ZCIT, que tem maior influência nos meses de fevereiro a abril; os outros meses que também apresentam índices relevantes de precipitação – novembro, dezembro e janeiro -, estão sob influência da ZCAS, que atua na Amazônia nesses meses. Os meses de maio e junho são meses em que a ZCIT ainda tem alguma influência, mas não tanto quanto nos meses de fevereiro a abril, por isso seus índices de precipitação e umidade começam a diminuir, pois este é um período de transição para o período seco, que são os meses de julho a outubro.

4.5.1 Dados meteorológicos dos meses de fevereiro e julho do ano de 2017

Para o ano de 2017, a média de temperatura do mês de fevereiro foi de 26,38 °C, valor dentro do esperado para o mês, e o índice de precipitação foi de 230 mm de precipitação, um pouco abaixo da média climatológica, mas ainda dentro do esperado. O mês de julho teve a média de 28°C, próximo ao esperado para o mês, e 67,6 mm de precipitação, número também próximo a média do mês. Os dados referentes ao ano de 2017 também foram catalogados pelo INMET, para fins de comparação para com os dois períodos climatológicos aqui apresentado. Deste modo, ainda quem não se trate de um período histórico de precipitação, este trabalho tenta se aproximar o máximo possível do contexto climatológico da área urbana de Manaus. Também é válido ressaltar que os dados históricos de umidade relativa não estão disponibilizados para esses períodos, como os dados de temperatura e precipitação, sendo assim, não há como comparar aos dados do ano de 2017.

4.5.2 Gráficos de dados das estações meteorológicas:

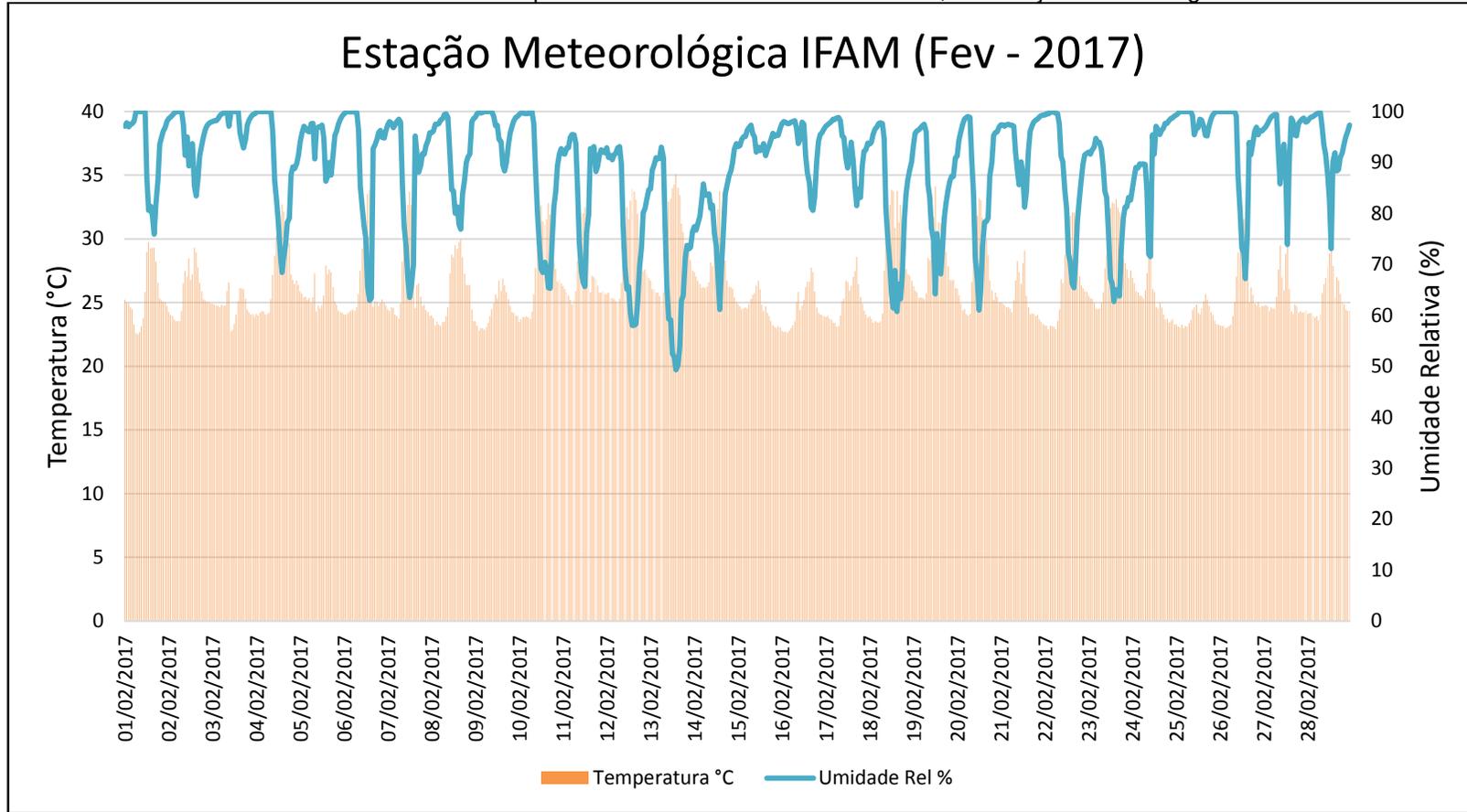
Os gráficos a seguir representam os dados catalogados pelas 4 estações utilizadas para este trabalho, estes retratam dados de Umidade Relativa (%) e Temperatura (°C) com a finalidade compreender o comportamento dessas duas variáveis. Os dados foram catalogados de 5 em 5 min, mas os gráficos representam um intervalo de 1h em 1h, com a legenda de intervalo de 1 dia. Vale ressaltar que há algumas falhas horárias e diárias, e nos gráficos essas falhas aparecem em branco. Os dados das estações do IFAM e da Ponte estão em horário local (Mao), e os dados das estações do Sipam e Inmet são em horário UTC (Universal Time Coordinated), mas foram convertidos a horário local usando a Planilha Excel 2013, para que assim se possa comparar os dados de todas as estações de forma igualitária.

4.5.3 Dados meteorológicos de temperatura e umidade relativa do mês de fevereiro de 2017

Os gráficos 4, 5, 6 e 7 representam os dados de umidade relativa (%) e temperatura (°C) do mês de fevereiro do ano de 2017. Esses dados foram coletados pelas estações meteorológicas do Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM), localizada nas dependências da mesma, no bairro Tarumã, Zona Oeste da cidade de Manaus; do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizado no bairro Adrianópolis, Zona Sul; do Instituto Federal do Amazonas (IFAM), localizado no bairro São José Operário, Zona Leste; da Ponte sobre o Rio Negro, localizada no bairro Compensa, Zona Centro Oeste da cidade.

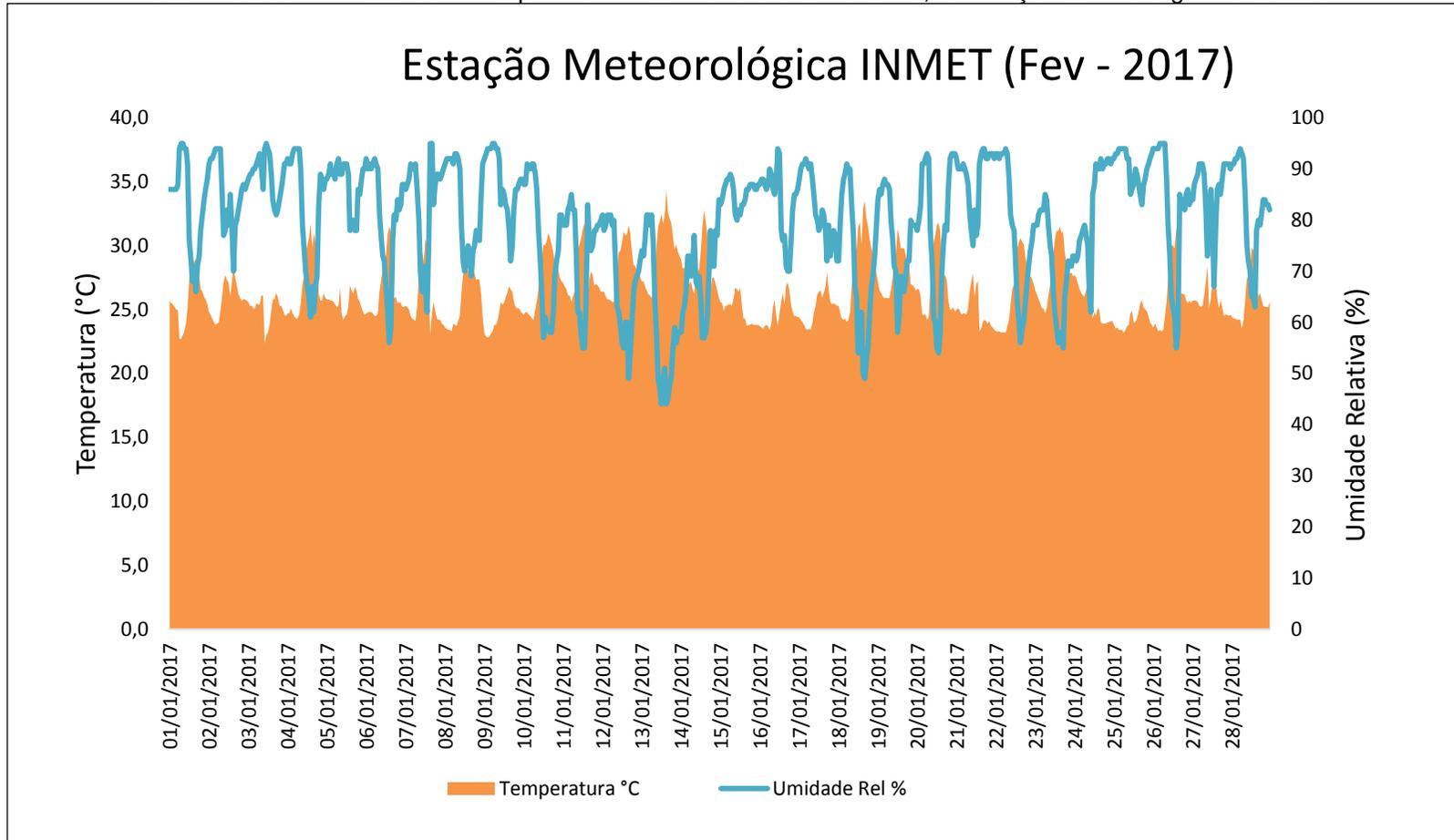
O mês de fevereiro é um mês fortemente influenciado pela ZCIT, portanto, esse é um dos maiores motivos pelo qual este apresenta altos índices de umidade, além de temperaturas mais baixas; contudo, a precipitação não é concentrada em poucos dias, e sim abrange vários dias; mas há exceções, e essas exceções se sobressaem no gráfico 4, onde a umidade chega a menos de 50%, e a temperatura chega a 35°C, nesse dia (13), não há registro de precipitação, segundo o INMET, então esses dados apontam um dia relativamente atípico para o mês, além de outros dias que também aparecem no gráfico. O dia 13 foi o que apresentou índices mais fora do padrão para o mês, comparando aos outros dias.

Gráfico 4. Dados de umidade e temperatura do mês de fevereiro de 2017, da estação meteorológica do IFAM.



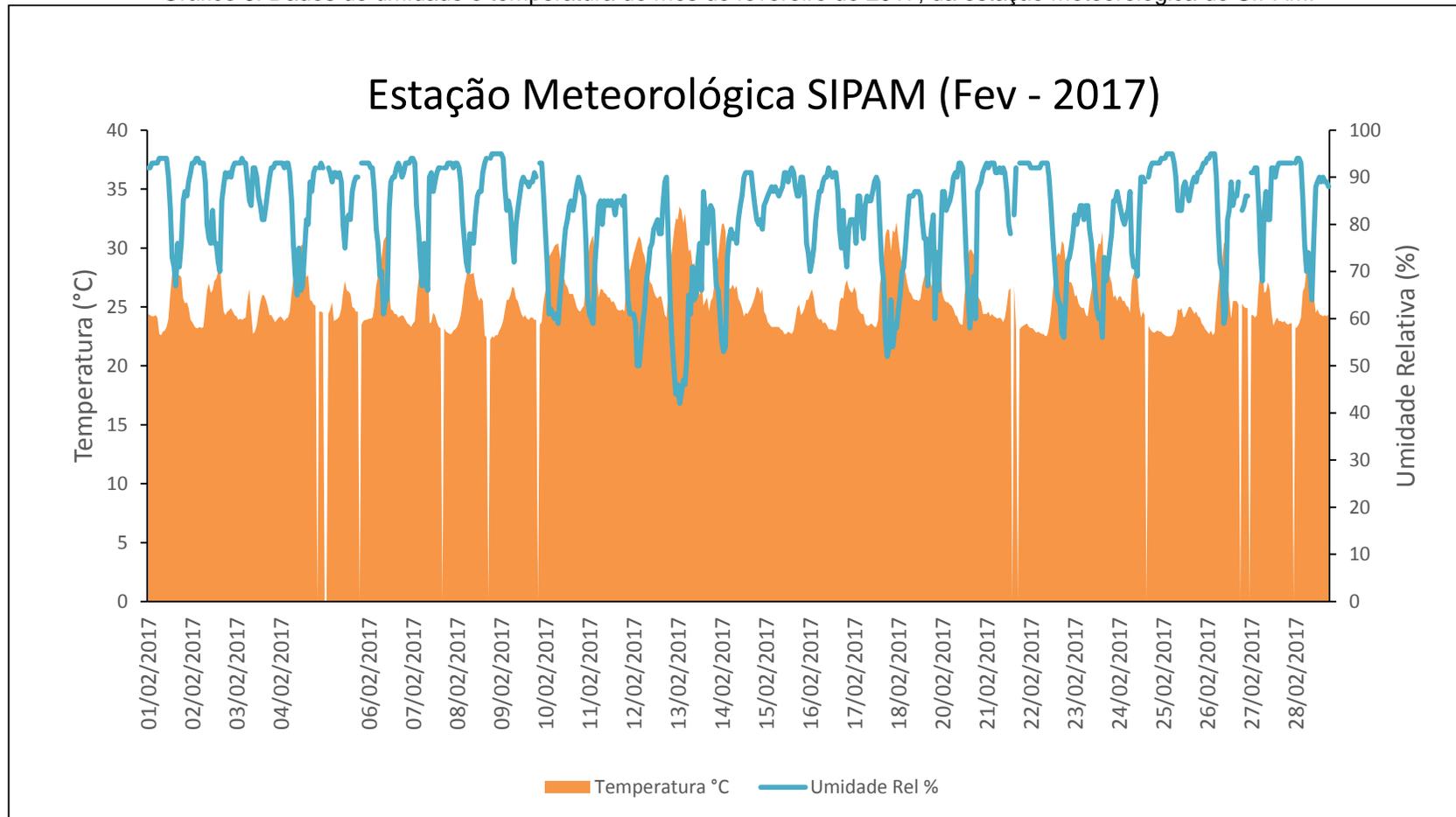
Fonte: Laboratório de Instrumentação Meteorológica da EST/UEA, 2018.

Gráfico 5. Dados de umidade e temperatura do mês de fevereiro de 2017, da estação meteorológica do INMET.



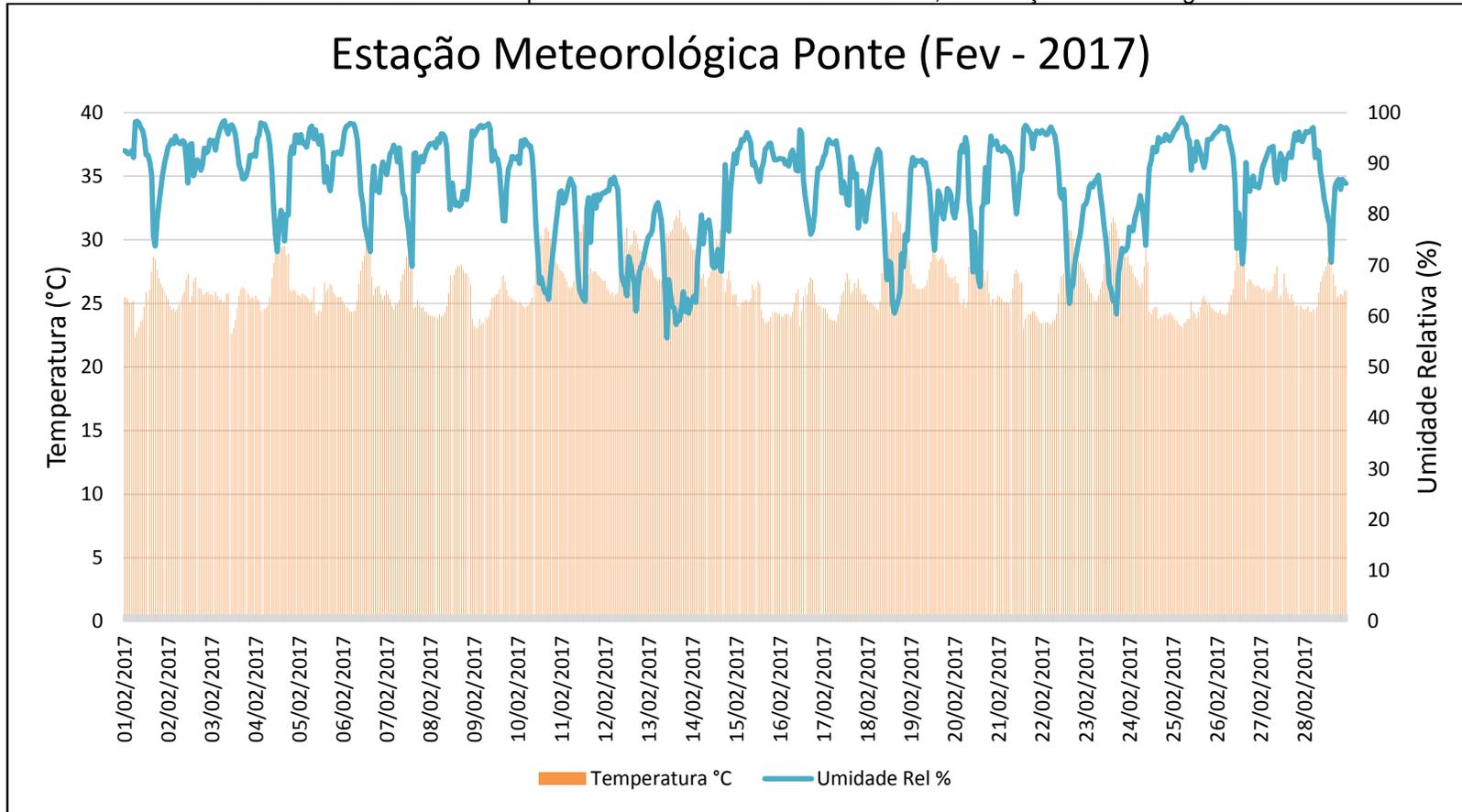
Fonte: Laboratório de Instrumentação Meteorológica da EST/UEA, 2018.

Gráfico 6. Dados de umidade e temperatura do mês de fevereiro de 2017, da estação meteorológica do SIPAM.



Fonte: Laboratório de Instrumentação Meteorológica da EST/UEA, 2018.

Gráfico 7. Dados de umidade e temperatura do mês de fevereiro de 2017, da estação meteorológica da Ponte.



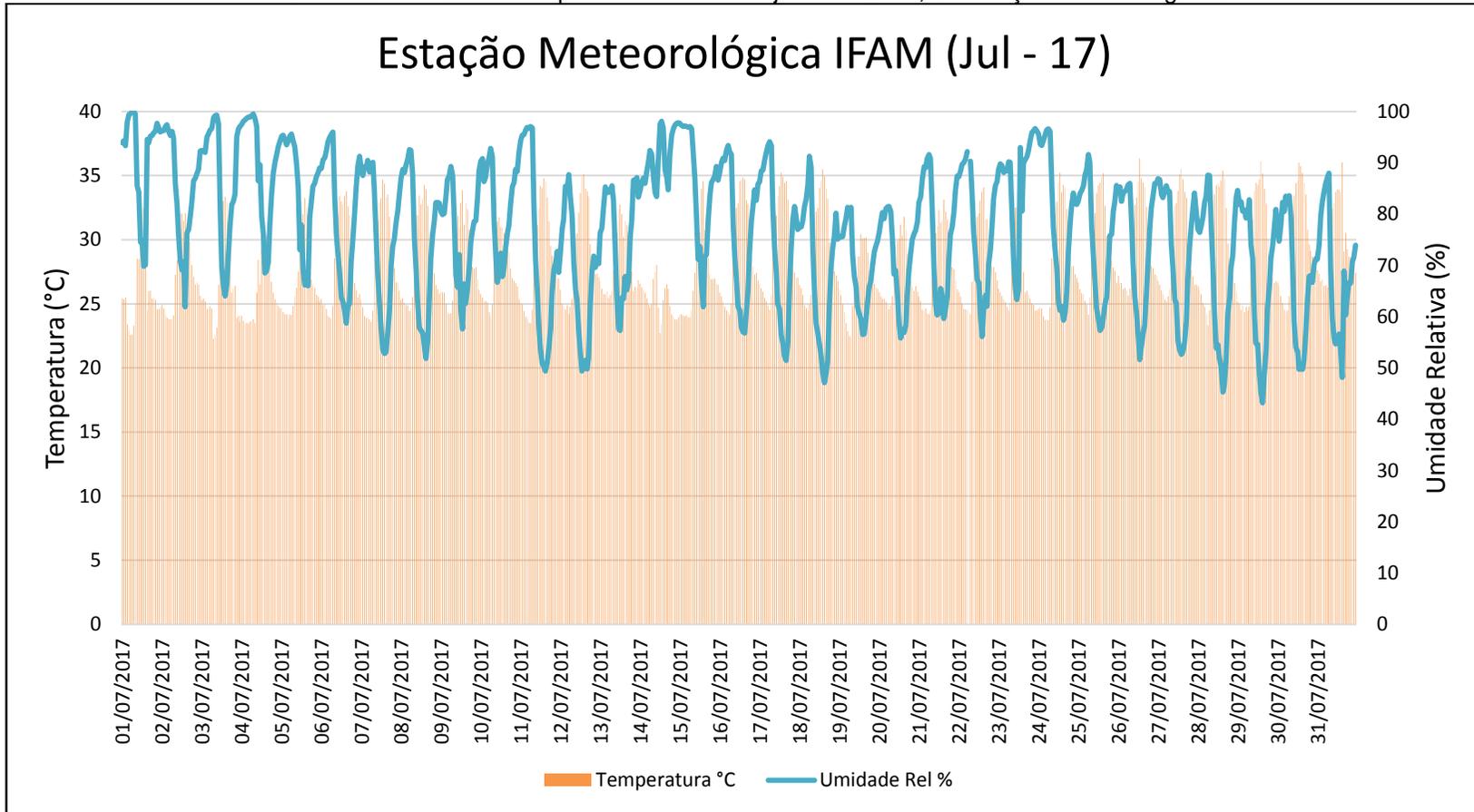
Fonte: Laboratório de Instrumentação Meteorológica da EST/UEA, 2018.

4.5.4 Dados do mês de julho de 2017

Conforme a comparação feita entre os dados históricos do mês de julho e os dados do ano de 2017, este mês – para o ano de 2017 - não destoa da climatologia de Manaus, ou seja, seus dados estão dentro do esperado para o mês; deste modo, esses dados se aproximam da realidade do clima de Manaus, tornando viável a tentativa de gerar um mapa de identifique os topoclimas da cidade, através da temperatura, bem como observar a umidade relativa.

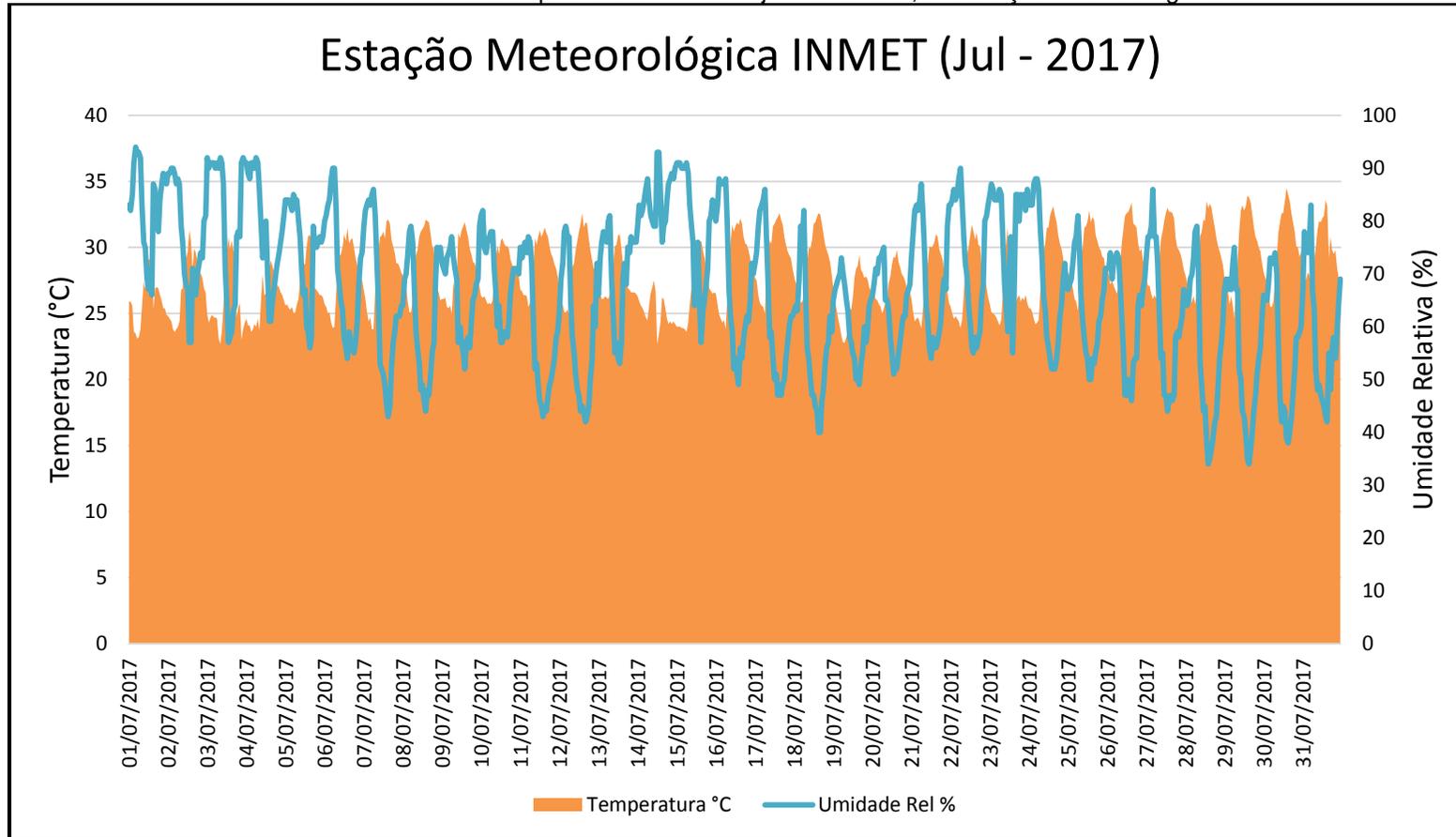
No geral, para o mês de julho, o que se espera é que a temperatura seja bem mais elevada que no mês de fevereiro, e que a umidade relativa seja bem mais baixa, também; isso porque julho é um dos meses mais secos do ano, pois ao contrário do mês de fevereiro, este não está sob influência da ZCIT, isso influencia diretamente na diminuição da formação de nuvens, que influencia na precipitação, e por fim, faz com que a temperatura seja mais elevada e a umidade relativa seja menos elevada, a amplitude térmica é mais expressiva, o dia é mais quente, e a madrugada é fria - ainda que não tanto quanto as madrugadas do mês de fevereiro. A umidade relativa chega a de 34% - registrada pela estação do INMET - e a temperatura chega a 36°C – registrada pela estação do IFAM. A estação do IFAM é a que apresenta dados com uma amplitude térmica maior, e a estação do INMET é a que apresenta uma amplitude térmica menor. A estação da Ponte foi a que registrou maior índice de umidade relativa, com 96%; a mesma se encontra instalada bem próxima ao rio, isso explica esse índice. Para o mês de Julho, a estação do Sipam possui falha de alguns dias, isso devido a manutenções, por esse motivo não é possível fazer uma análise mensal em sua totalidade.

Gráfico 8. Dados de umidade e temperatura do mês de julho de 2017, da estação meteorológica do IFAM.



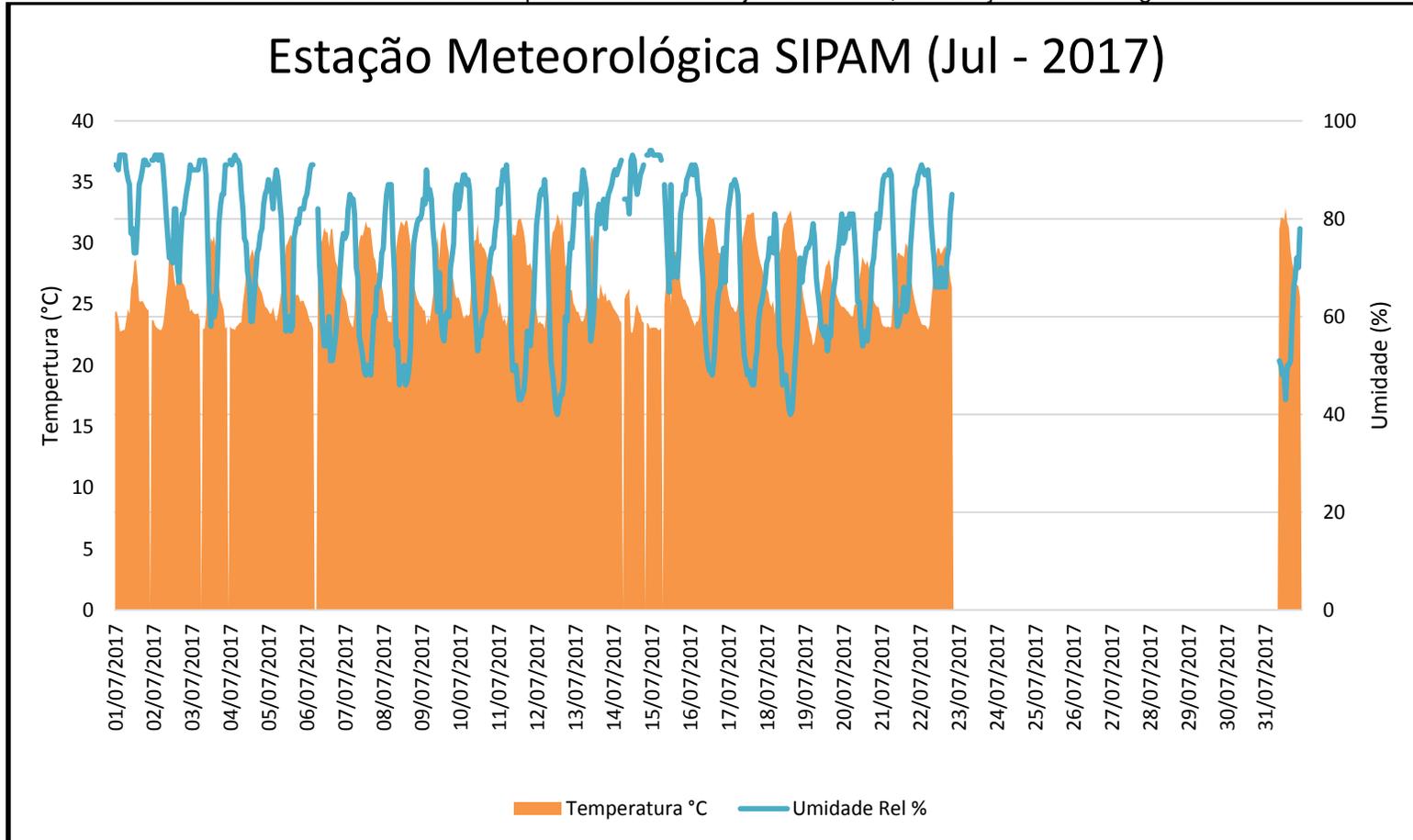
Fonte: Laboratório de Instrumentação Meteorológica da EST/UEA, 2018.

Gráfico 9. Dados de umidade e temperatura do mês de julho de 2017, da estação meteorológica do INMET.



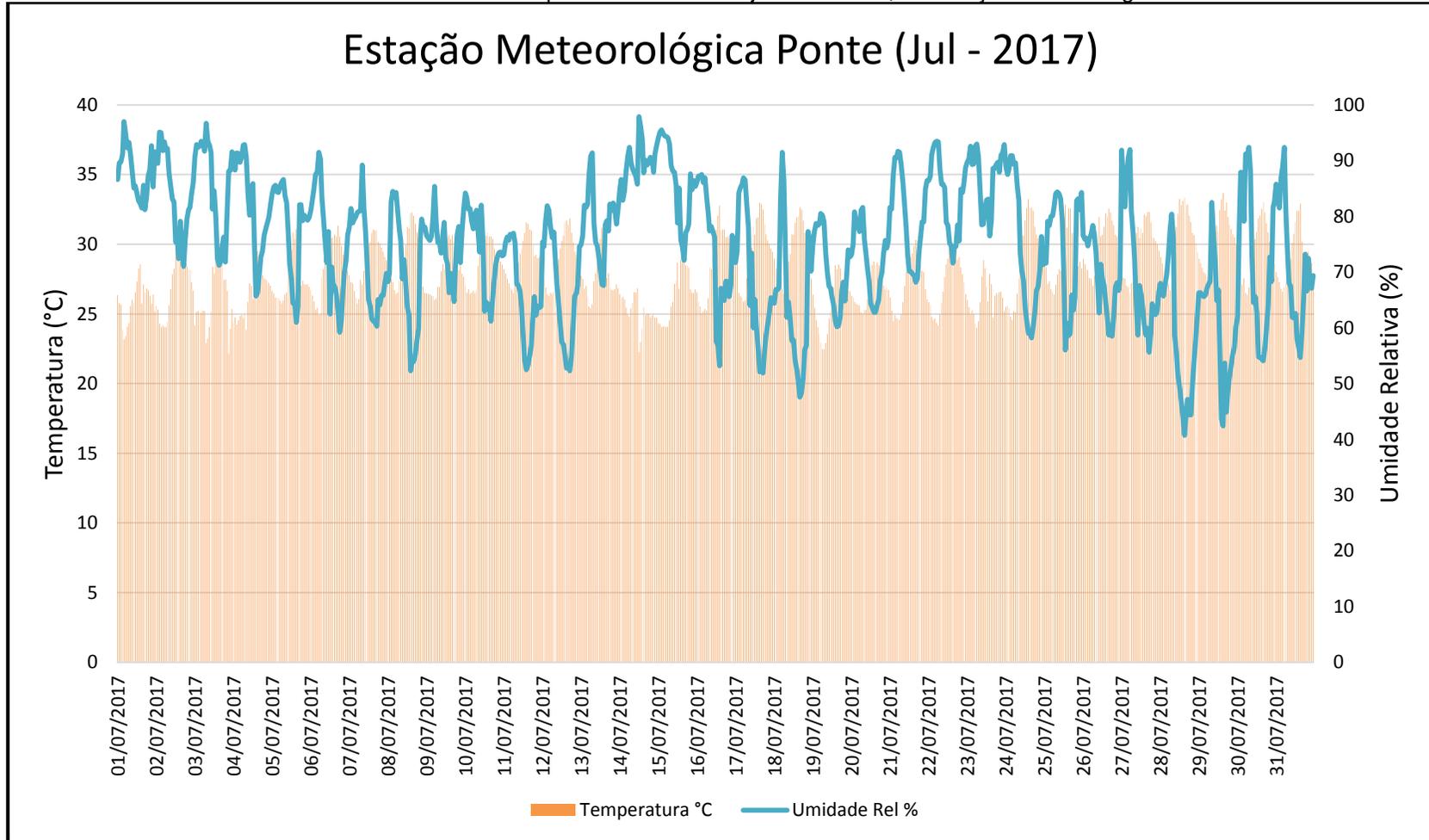
Fonte: Laboratório de Instrumentação Meteorológica da EST/UEA, 2018.

Gráfico 10. Dados de umidade e temperatura do mês de julho de 2017, da estação meteorológica do SIPAM.



Fonte: Laboratório de Instrumentação Meteorológica da EST/UEA, 2018.

Gráfico 11. Dados de umidade e temperatura do mês de julho de 2017, da estação meteorológica da Ponte.



Fonte: Laboratório de Instrumentação Meteorológica da EST/UEA, 2018.

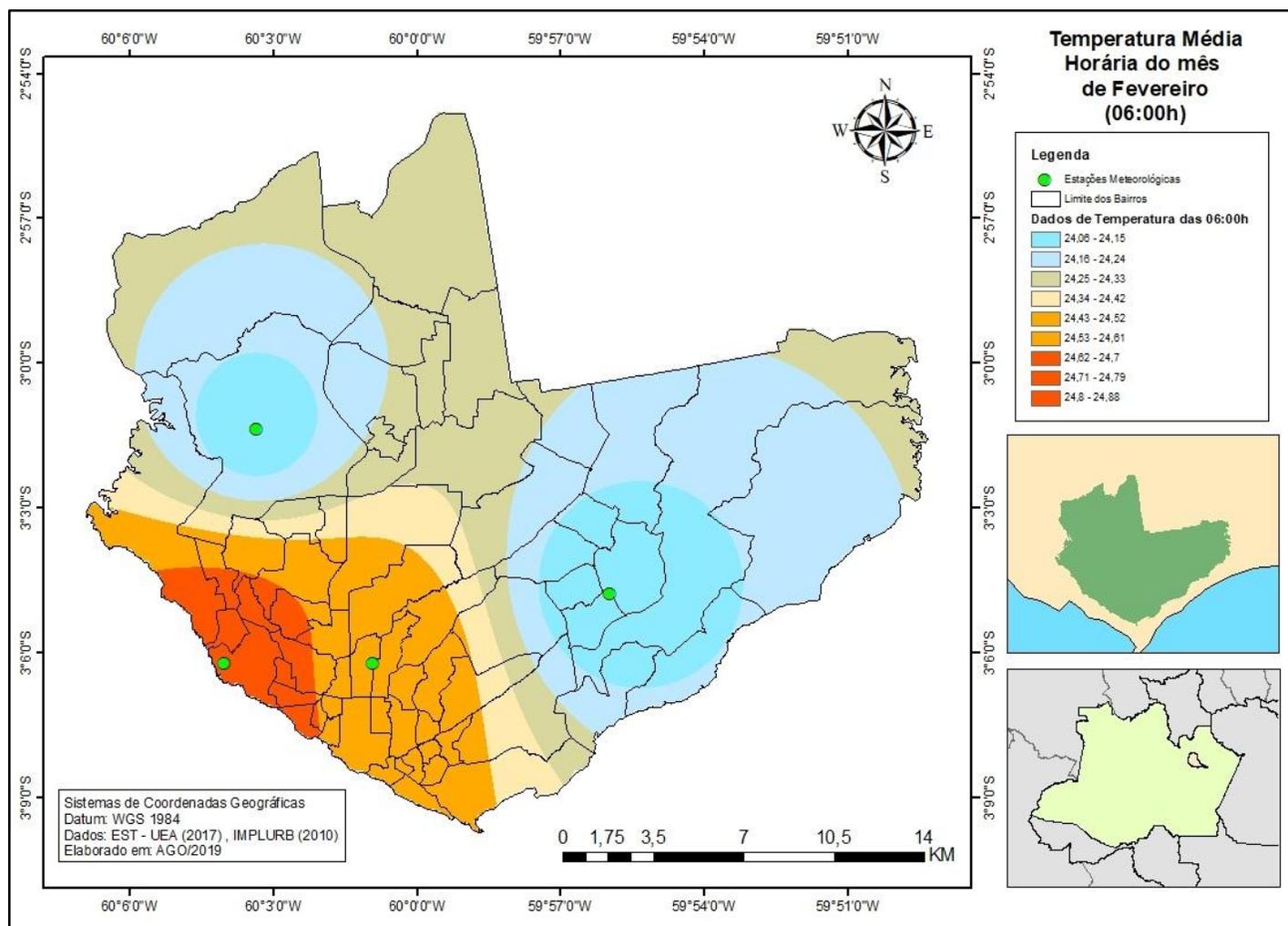
4.6 Mapas de temperatura média horária dos meses de fevereiro e julho de 2017

Os mapas de temperaturas de médias horárias foram gerados a partir de dados das estações meteorológicas aqui já citadas. Esses dados retratam dois momentos do dia, ou dois horários mais específicos, com valores de temperatura mais e menos elevados dos dias de fevereiro e julho, esses horários são 6:00h da manhã e 13:00h da tarde, de acordo com os resultados das médias de temperatura. Isso porque o horário das 6:00h foi o que registrou médias mais baixas – ou mais frias -, e o horário de 13:00h da tarde registrou médias mais elevadas – ou mais quentes, ainda que no mapa 3 esses resultados apontem pra um horário com valores mais elevados

4.6.1 Mapas de 6:00 horas da manhã (Fev e Jul)

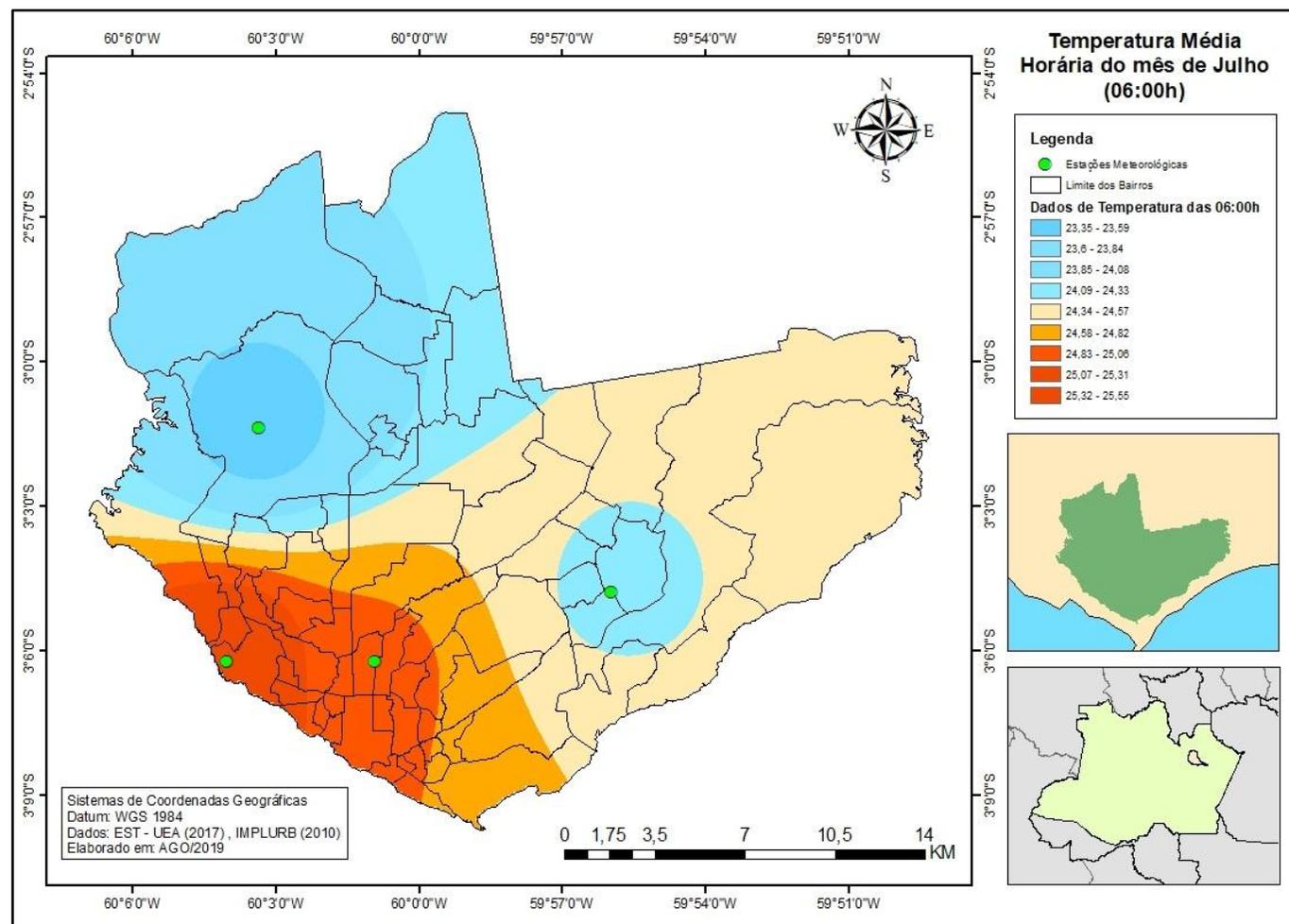
Os mapas do horário de 6:00h da manhã são resultado de dados coletados pelas quatro estações utilizadas para este trabalho. Os valores nele demonstrado são referentes a temperatura do ar, mas ainda assim se assemelham proporcionalmente aos resultados dos mapas de temperatura de superfície (mapas 3 e 4). Esses horários foram escolhidos por apontarem dois extremos: um tem a média mais elevada e outro tem a média mais baixa do dia, tanto no mês de fevereiro, quanto no mês de julho. Infelizmente não há estações instaladas na região do extremo norte da cidade que tenham dados disponibilizados para este período, isso acaba tornando inviável a observação do comportamento da temperatura nessa região, mas para fins de observação, os mapas 3 e 4 mostram a dinâmica de temperatura nessa região.

Mapa 7. Temperatura média de 6:00h da manhã do mês de fevereiro de 2017



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Laboratório de Instrumentação Meteorológica da EST/UEA, Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM). Org.: Hendrea Benedetto, 2019.

Mapa 8. Temperatura média de 6:00h da manhã do mês de julho de 2017



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Laboratório de Instrumentação Meteorológica da EST/UEA, Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM). Org.: Hendera Benedetto, 2019.

Os registros das estações no horário de 6:00h apontam que a região sudoeste, onde estão as estações começam o dia com temperaturas mais elevadas. Isso porque essas estações estão próximas ao rio, e nesse momento as águas estão com temperaturas mais elevadas. Devido à proximidade com o rio, estas estações estão sob uma atmosfera mais úmida, que retém o calor emitido pela superfície da terra, começando assim o dia com temperaturas mais elevadas. Já as áreas mais afastadas da margem do rio registram temperaturas do ar mais baixas, porque a atmosfera é mais seca e, portanto, a perda radiativa é maior. O resfriamento acontece através da perda radiativa, pois em uma região cujo ar não tem uma umidade elevada, durante a madrugada, faz com que o solo acabe perdendo radiação, e assim esfrie, e em seguida faz com que o ar esfrie também.

As temperaturas do ar registradas pelas estações meteorológicas variam de 23,3°C a 25,5°C – diferença de 2 graus -, uma amplitude térmica bem diferente do horário das 13:00h, de acordo com os mapas referente a esse horário (mapas 9 e 10).

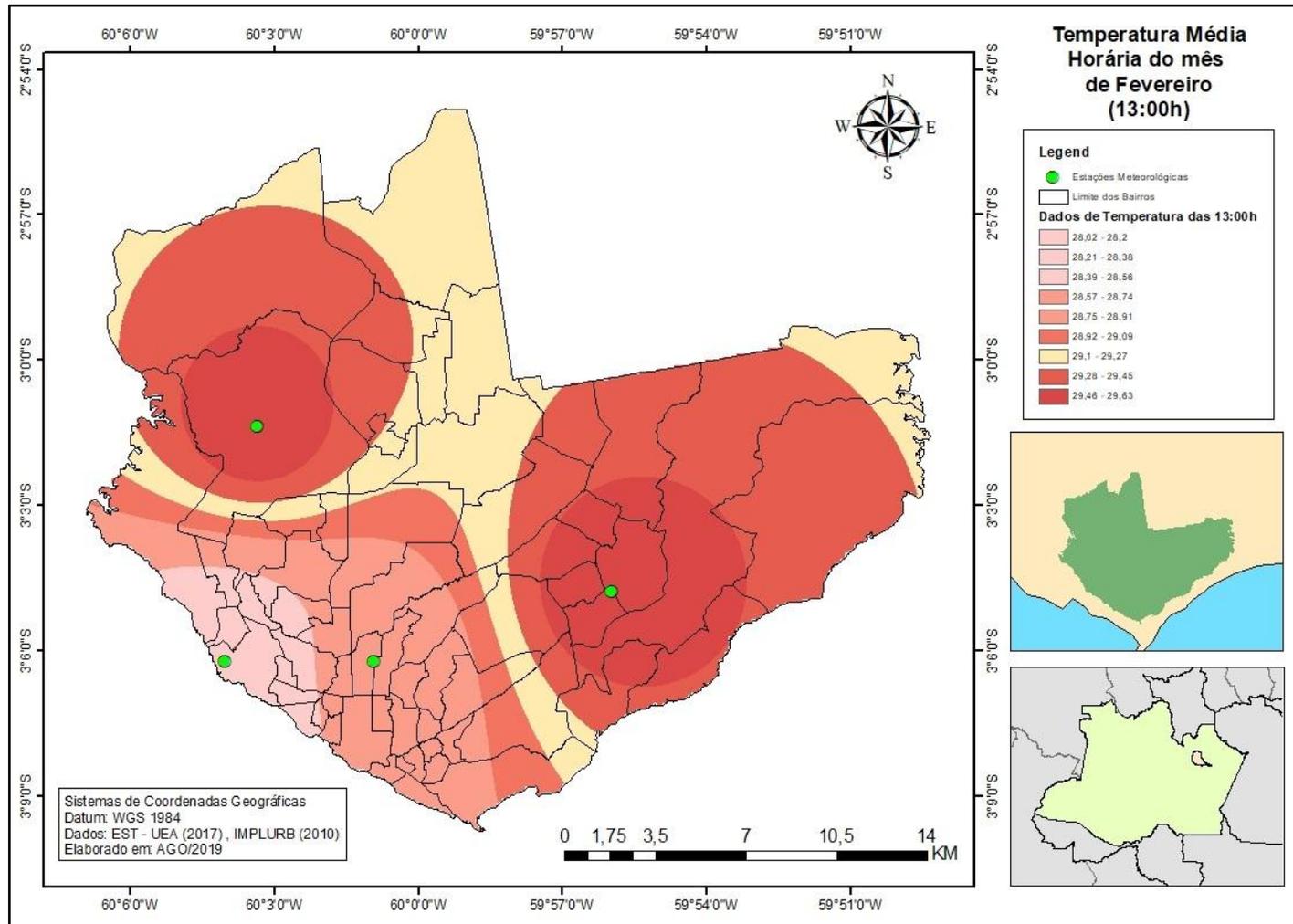
É possível observar que a população residente às margens do rio nem sempre se beneficia de temperaturas mais amenas, bem como as que residem em áreas mais afastadas, nem sempre são as mais afetadas por temperaturas mais elevadas. Vale ressaltar que no mês de Julho, a estação do Sipam possui um déficit de dados, pois a estação passou alguns dias desativada, isso inviabiliza fazer uma média mensal por completa, e pode implicar nos índices finais, e isso vale tanto para o horário das 6:00h da manhã, quanto pra 13:00h da tarde.

4.6.2 Mapas de 13:00 horas da tarde (Fev e Jul)

Os mapas de temperatura foram gerados a partir interpolação software Arcgis 10.4, após organizar os pontos de coordenadas das estações meteorológicas em planilhas do Excel 2013 e salvar no formato *xls*. Os dados foram transformados em *shapefile*. Para mais, foram utilizados as ferramentas "Spatial Analyst Tools e depois Interpolation" seguido pelo método de interpolação IDW (Ponderação do Inverso da Distância) e depois foram acrescentadas as informações do *shapefile* das estações meteorológicas buscando os horários das 06hrs e das 13hrs.

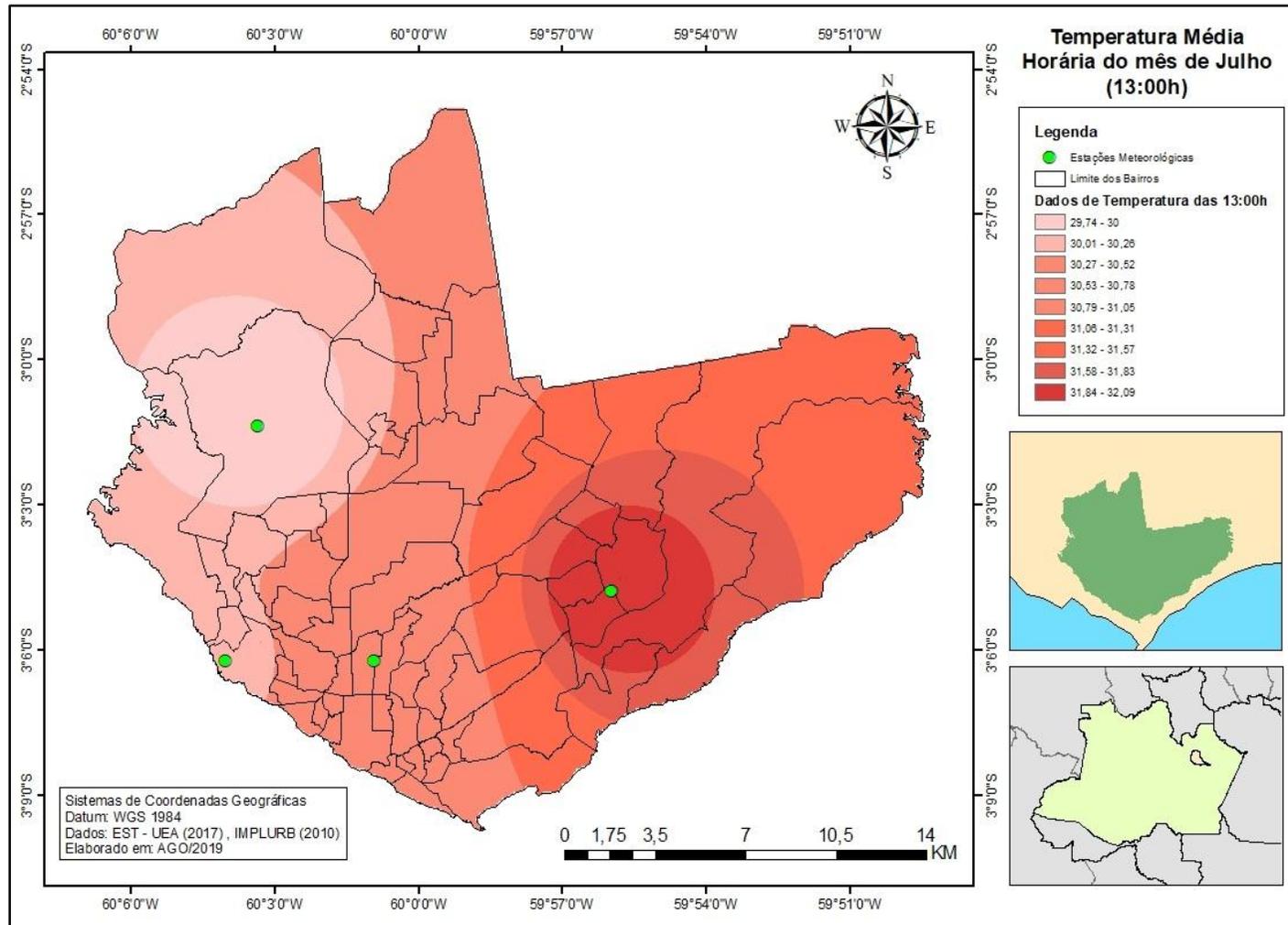
Os mapas de 13:00h da tarde refletem o inverso dos mapas do horário das 6:00h da manhã. Enquanto que as mais próximas estações próximas ao rio registram temperaturas mais elevadas no horário das 6:00h da manhã, e as estações mais afastadas registram temperaturas mais baixas; e no horário de 13:00h as estações próximas ao rio registram temperaturas mais baixas, a das regiões afastadas, a temperatura é mais elevada. Os mapas 9 e 10 mostram o comportamento da temperatura no horário das 13:00h.

Mapa 9. Temperatura média do ar do horário de 13:00h do mês de fevereiro de 2017.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Laboratório de Instrumentação Meteorológica da EST/UEA, Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM). Org.: Hendera Benedetto, 2019.

Mapa 10. Temperatura média do ar do horário de 13:00h do mês de fevereiro de 2017



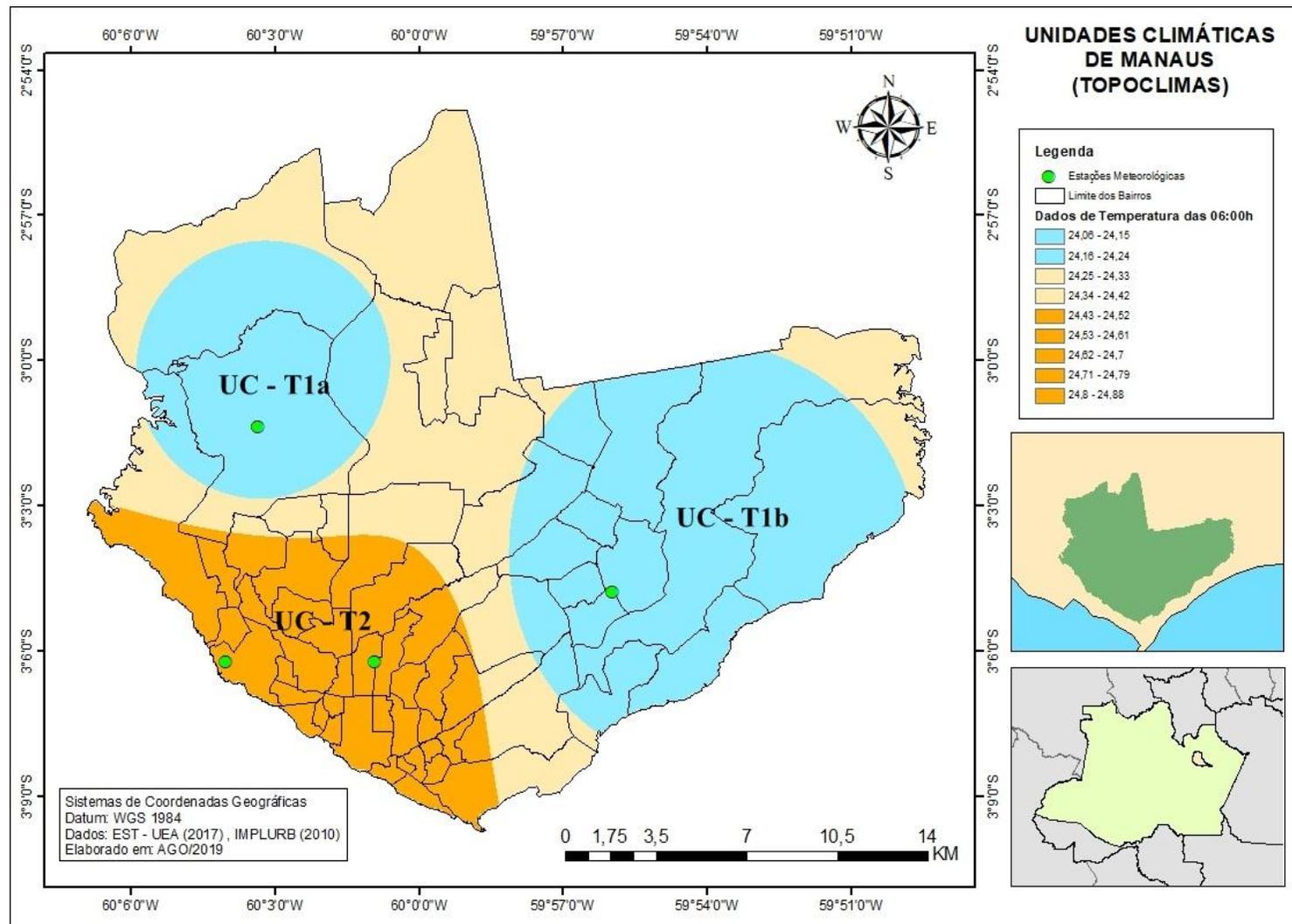
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Laboratório de Instrumentação Meteorológica da EST/UEA, Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM). Org.: Hendera Benedetto, 2019.

A amplitude térmica do horário de 13:00h do mês de fevereiro é bem menor que a do mesmo horário pro mês de julho, a temperatura varia entre 28°C a 29,6°C, 1,5°C de diferença; já no mês de julho, essa amplitude é maior, vai de 29,7°C a 32°C, sendo 2,3°C de diferença entre temperatura mais baixa e mais alta. Por ser um dos meses mais quentes, julho reflete temperaturas mais elevadas, tanto do ar, quanto da superfície, e no caso desse horário, a região próxima ao rio apresenta índices de temperatura mais baixos, porque tem o processo de brisa fluvial que carrega ar úmido e relativamente mais frio do rio para a cidade.

4.6.3 Mapa de identificação de unidades climáticas da cidade de Manaus

As unidades climáticas variam de escala, pode abranger grandes regiões e/ou pequenas áreas. No caso de Manaus, três tipos de unidades climáticas poderia ser observadas: *mesoclima*, que trabalha cidades grandes, ou bairros grandes de metrópoles; *topoclima*, que trata cidades pequenas, ou regiões de cidades grandes; *microclima*, que trata de trata mais especificamente de edificações, ou habitações (MONTEIRO, 1976). Para a área urbana de Manaus, esses três tipos de unidades climáticas são possíveis analisar, mas para este trabalho, apenas o *topoclima* foi avaliado, tendo em vista a escassez de estações meteorológicas e/ou equipamentos disponíveis para a coleta de dados. O mapa 11 mostra uma tentativa de classificação dos topoclimas da cidade de Manaus, que ainda que com poucos recursos, reflete a realidade do comportamento da temperatura do ar – assim como, de certa forma, o da superfície (mapas 3 e 4) -, e com a contribuição dos outros mapas, é possível fazer uma breve análise do comportamento do clima no perímetro urbano da cidade.

Mapa 11. Identificação de Unidades Climáticas de escala de Topoclima.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Laboratório de Instrumentação Meteorológica da EST/UEA, Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM). Org.: Hendera Benedetto, 2019

Tabela 3. Características das Unidades Climáticas (topoclimas) de Manaus.

UNIDADE CLIMÁTICA	ALTITUDE (metros)	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	CARACT. NATURAIS	TEMP. MÉDIA MAX. DO AR (°C)	TEMP. MÉDIA DA SUPERFÍCIE FEV.(°C)	TEMP. MÉDIA DA SUPERFÍCIE JUL.(°C)
UC - T1a	66 – 77	Região relativamente ocupada, áreas com solo exposto	Regiões com florestamento/fragmentos florestais e microbacias hidrográficas.	29°C	21°C – 35°C	34°C – 57°C
UC – T1b	66 - 100	Região moderadamente ocupada, áreas com solo exposto	Regiões com moderado florestamento/fragmentos florestais e microbacias hidrográficas.	32°C	21°C – 35°C	27°C – 57°C
UC - T2	20 - 53	Região muito ocupada, pouquíssimas áreas com solo exposto	Região pouquíssimo florestada, presença de microbacias hidrográficas.	30°C	26°C – 35°C	45°C – 57°C
Área de transição						

Fonte: MACHADO e ASSIS, 2017. Adaptação: Hendrea Benedetto, 2019.

A falta de estações meteorológicas que possuam dados disponíveis fez com que se tornasse inviável compreender o comportamento da temperatura em várias áreas de Manaus, principalmente na região norte da cidade, mas com a ajuda dos mapas de temperatura de superfície, ainda é possível ter uma base de como a temperatura pode ser elevada nessa região, bem como entender que é uma das regiões mais densamente ocupadas, de acordo com o mapa de densidade demográfica (mapa 5). Maior parte das zonas Leste e Oeste, e parte da região Sul, puderam ser analisadas. A tabela 3 faz uma breve descrição dos topoclimas identificados para a cidade de Manaus. A sigla “UC – T” representa uma Unidade Climática de escala de Topoclima, e as subdivisões “1a”, “1b” e “2” se refere, de maneira simplória, às regiões, já que eles apresentam características diferentes, ainda que mostrem várias semelhanças, como no caso dos topoclimas “UC – T1a” e “UC – T1b”, que distinguem na temperatura e ocupação, por exemplo, mas que em outros aspectos, como florestamento, se assemelham; e o “UC – T2” que é a mais distinta dentre elas, na grande parte dos aspectos. Com o auxílio de todos os outros mapas e suas informações neles contidos e aqui já apresentados, tornam-se mais coerentes as caracterizações e classificações atribuídas a cada região.

A região de topoclima UC – T1a abrange a Zona Oeste, mais a noroeste da cidade. É uma área de ocupação relativamente baixa, por ser mais distante do Centro Histórico de Manaus, demorou mais a ser ocupado; tem presença de fragmentos florestais importantes, como o da área ao do Aeroporto Internacional Eduardo Gomes, além de ser bastante arborizado em outras áreas; é também uma região com igarapés que cortam alguns bairros; apresenta áreas relativamente altas, que chegam a 77 metros. A temperatura média máxima do ar dessa região é de 29°C, a temperatura média de superfície no mês de Fev de 2017 foi de 21°C a 35°C, e a temperatura média da superfície no mês de julho de 2017 foi de 34°C a 57°C; vale ressaltar que para o mapa de temperatura de superfície dos meses de fevereiro e julho houve correção atmosférica, isso significa que a amplitude térmica é maior – principalmente no mês de julho -, e uma vez feita com essa correção, a maior parte das temperaturas são refletidas, e com isso, temperaturas de telhados de grandes galpões, solo exposto, entre outros, também aparecem nos mapas; por esses motivos, as temperaturas podem ser bem elevadas.

A região de topoclima UC – T1b fica na Zona Leste da cidade, sentido nordeste; é uma região se divide em uma parte mais intensamente ocupada, e outra menos, no caso, o extremo leste. Possui fragmentos florestais e seus bairros são cortados por igarapés, possui áreas relativamente altas, que alcançam 110 metros; a temperatura média máxima do ar é de 32°C, a temperatura média máxima de superfície do mês de fevereiro de 2017 foi de 21°C a 35°C, e a do mês de julho foi de 27°C a 57°C.

A região de topoclima UC – T2 abrange parte da Zona Sul e sudoeste da cidade; é uma região com ocupação bastante intensa, pois compreende partes da cidade que, historicamente, foram as primeiras a ser ocupadas; possui pouca arborização, abarca vários igarapés, e é uma das partes mais baixas da cidade, chegando entre 20 a 53 metros as partes mais altas da região; também é a região que apresenta temperaturas mais elevadas, como a temperatura máxima do ar, que chega a 30°C, mais alta que nas outras duas Unidades; e a temperatura média máxima da superfície do mês de fevereiro de 2017, que variou de 26°C a 35°C, e de julho que foi de 45°C a 57°C, uma amplitude térmica bem menor que nas outras duas Unidades.

Essas caracterizações levaram em consideração, as informações advindas dos outros mapas, como aqui já esclarecido, e o cruzamento do máximo de informações possíveis sobre os aspectos físicos e socioespaciais da área urbana de Manaus podem ser de grande contribuição para o entendimento do clima urbano da cidade.

5. Conclusão

Apesar dos poucos recursos, ainda é possível ter alguma compreensão do comportamento do clima, na cidade, e em conjunto às informações disponibilizadas advindas de satélites, radares, órgãos públicos, entre outros, torna-se viável a tentativa de interpretação do clima urbano da cidade de Manaus, uma vez que a mesma necessita de atenção especial, por ser um dos centros urbanos mais importantes da Amazônia.

Sabe-se que uma classificação de Unidades Climáticas exige estudos minuciosos, e que o comportamento da atmosfera é de constante mudança, ainda assim, é válida a tentativa de investigar e dizer que Manaus possui três Unidades Climáticas, da escala de Topoclima, que possuem suas semelhanças, mas se distanciam principalmente na questão de ocupação, onde a intensificação e densidade demográfica se concentra, de modo geral, na parte central da cidade, indo de Norte a Sul, e seus extremos Noroeste e Nordeste ainda são as áreas que apresentam melhores índices de temperatura e florestamento, e isso implica diretamente na vida da população residente.

As áreas próximas ao rio nem sempre serão as mais frescas, pois em determinado momento do dia, também apresentam temperaturas elevadas, com a tendência a se intensificar quando a área é densamente ocupada. Tendo todas as informações já analisadas neste trabalho, não é possível afirmar que o clima de Manaus é homogêneo, deste modo, não deve ser tratado como tal; é um grande centro urbano que possui particularidades em seu clima. Sendo assim, mais áreas arborizadas poderiam ser criadas – pelo poder público -, numa tentativa de amenizar temperaturas relativamente altas, principalmente nas áreas cuja essas temperaturas são mais expressivas ainda, como no caso da UC-T2. Desta forma, tornaria Manaus, uma cidade localizada em meio a uma grande floresta, uma cidade de relativo conforto térmico.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA:

ALCÂNTARA, C. R. **Um estudo da relação entre jato de baixos níveis e Linhas de Instabilidade da Amazônia.** Tese de doutorado – Universidade de São Paulo (USP) – São Paulo – SP.

AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V. QUENOL, H. e SAN'ANA NETO, J. L. **Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França).** Confins [Online],7 - 2009, posto online em 31 Outubro 2009. URL : <http://confins.revues.org/index6070.htm>.

AMORIM, M. C. C. T. Ritmo Climático e planejamento urbano. In: SANT'ANNA NETO, J. L., e MONTEIRO, A. **Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso.** – 1 ed. – São Paulo: Outras Expressões, 2013.

ASSIS, E. S. **A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória.** ENCAC-ELACAC. Maceió-AL. 2005.

BORGES, M. A. G. A compreensão da sociedade da informação. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 25-32, set./dez. 2000

CARVALHO, L. M. V. e JONES, C. Zona de Convergência do Atlântico Sul. In: CAVALCANTE, I. F. A. et al. **Tempo e Clima no Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

COELHO, A. L. N. e CORREA, W. S. C. Temperatura de superfície Celsius do sensor Tirs/LandSat-8: metodologia e aplicações. **Revista Geográfica Acadêmica.** V7, n.1. 2013.

COHEN, J. C. P. **Um estudo observacional de Linhas de Instabilidade na Amazônia. 1989.** Dissertação de mestrado em meteorologia. – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos – SP.

CORRÊA, P. B. et al. Estudos do fenômeno da Ilha de Calor na cidade de Manaus – AM: Um estudo a partir de dados de sensoriamento remoto, modelagem e estações meteorológicas. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 31, n. 2. p 167 – 176, 2016.

Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (EMBRAPA). **Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras: proposta metodológica**. 2004. Jaguariúna-SP.

FERREIRA, D. G; ASSIS, S. L.; e KATZSCHNER L. **Construção de um mapa climático analítico para a cidade de Belo Horizonte, Brasil**. Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management), 2017, 9 (Supl. 1), 255-270.

FERREIRA, J. S. **Teoria e método em climatologia**. REVISTA GEONORTE, Edição Especial 2, V.1, N.5, p.766 – 773, 2012.

FERREIRA, N. S. **Zona de Convergência Intertropical**. http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/zcit_1.html; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2015.

FIALHO, E. S. **Ilhas de calor: reflexões acerca de um conceito**. ACTA Geográfica, Boa Vista, Ed. Esp. Climatologia Geográfica, 2012. pp.61-76.

FISCH, G. MARENGO, J. A. NOBRE, C. A. Clima da Amazônia. **Clima Análise, CPTEC-INPE**. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/fish.html>>. Acessado em: 19 de Setembro de 2018.

FISCH, G. MARENGO, J. A. e NOBRE, C. A. **Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia**. ACTA AMAZÔNICA 28(2): 101-126. 1998.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)- **Censo 2010**.
<https://ww2.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?lang=&sigla=am;> acessado em:
05.02.2018, às 14:48 min.

MONTEIRO, C. A. F. **Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos de clima urbano no Brasil**. GEOSUL. Florianópolis – SC, 1990.

_____. **Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura**. GEOSUL. Florianópolis – SC, 1990.

_____. **A cidade como processo derivador ambiental e a geração de um clima urbano – estratégias na abordagem geográfica**. GEOSUL. Florianópolis – SC, 1990.

NAZARETH, T. BRASIL, M.; e TEIXEIRA, P. Manaus: crescimento populacional e migrações nos anos 1990. **Informe Gepec**, Toledo, v. 15, número especial, p. 488-502, 2011.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2ª Ed. Rio de Janeiro – RJ. IBGE – Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 1989

NOBRE, C. A., et al. **Características do Clima Amazônico: Aspectos Principais**. Tradução de Ivani Pereira; Revisão: Guillermo O. Obregón. 2010.

NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; ARTAXO, P. **Entendendo o Clima da Amazônia: Avanço do LBA**. 2009 a. p.145-147

NOGUEIRA, A.C. F.; SANSON, A. C. F.; PESSOA, K. **A expansão urbana e demográfica da cidade de Manaus e seus impactos ambientais**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis – SC; 21-26 de Abril, 2007, INPE, p. 5427-5434.

OLIVEIRA, A. S. **Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a Convecção da Amazônia**. 1986. Dissertação de mestrado em meteorologia. – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos – SP.

PALLOTA, M. e GAN, M. A. Caracterização do mês de Janeiro de 2010 em relação a não ocorrência de ZCAS: uma comparação com a climatologia. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)** – São Paulo, SP. sem data.

PEDROSA, F. A. C. A **evolução das vias públicas em Manaus (séculos XVII-XXI)**. Disponível em: <http://historiante.blogspot.com.br/2016/11/a-evolucao-das-vias-publicas-em-manaus.html>; Acessado em: 11 de Maio de 2018.

PINHEIRO, R. F. **Atividades físicas e ambiente urbano: lazer e esporte no entorno do igarapé do Mindu – Manaus/AM**. 2009. Dissertação de Mestrado em Ciências do Meio Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus – AM.

Prefeitura de Manaus. **Cidade – História**. Sem data. Disponível em: <http://www.manaus.am.gov.br/cidade/historia/>; Acessado em: 19 de Setembro de 2018.

REN, C., Nga, Y. and KATZSCHNER, L. **Urban climatic map studies: a review** INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY -*Int. J. Climatol.* **31**: 2213–2233 (2011) Published online 27 October 2010 in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/joc.2237

SANTOS, A. et al. **Espacialização de dados meteorológicos no ArcGIS 10.3 passo a passo**. – Alegre, ES. CAUFES. 2015.

SILVA, A. et al. **Conceito de conforto térmico humano**. Projeto FEUP 2014-2015.

SILVA, D. A. **Ilhas de calor na cidade de Manaus: especulação ou realidade?** REVISTA GEONORTE, V.1, N.6, p.49 – 65, 2012.

SOUZA, R. S. B. **Aspectos da hidrografia brasileira.** Revista Brasileira de Geografia. 1962.

SOUZA, V. S. **Mapa climático urbano da cidade de João Pessoa – PB.** Dissertação de mestrado em arquitetura e urbanismo. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa – PB. 2010.

TANAKA, L. M. S. **Convecção Profunda Na Amazônia Central.** Tese de doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas na Amazônia /Universidade do Estado do Amazonas, Manaus,- AM. 2014.

UVO, C. R. B. **Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação da região com a precipitação da região Norte do Nordeste brasileiro.** 1989. Dissertação de mestrado em meteorologia. – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos – SP.

VIANA, L. P. et al, Ilhas de calor na cidade de Manaus: um estudo observacional e de modelagem numérica. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, V.3, N.9, p.1387-1396, 2016.

YAMAMOTO, R. **Investigando Linhas de Instabilidade na Amazônia através da sensibilidade à parametrização de convecção.** 2016. Dissertação de Mestrado em Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo. São Paulo – SP.