



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA
GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**

KATHARINA DE CARVALHO CAPOBIANGO

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO PARA QUATRO DIFERENTES LOCAIS
DE MANAUS (AM)**

**Manaus, Amazonas
2019**

KATHARINA DE CARVALHO CAPOBIANGO

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO PARA QUATRO DIFERENTES LOCAIS
DE MANAUS (AM)**

Orientadoras: Profa. Dra. Jaidete Monteiro de Souza
Profa. Dra. Maria Betânia Leal de Oliveira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Bacharelado em Meteorologia, da Universidade do Estado do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Meteorologia.

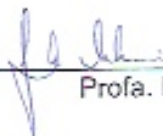
Manaus, Amazonas
2019

KATHARINA DE CARVALHO CAPOBIANGO

AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO PARA QUATRO DIFERENTES LOCAIS
DE MANAUS (AM)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Bacharelado em Meteorologia da Universidade do Estado do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Meteorologia.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Jamile Dehaini



Prof. Dra. Rosa Maria Nascimento dos Santos



Prof. Dra. Maria Betânia Leal de Oliveira

Dedico este trabalho aos meus pais, irmãos, amigos e cachorros, pelo incentivo, carinho e amor, fundamentais para a realização deste.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por me ajudar em cada etapa da vida;

Às minhas orientadoras, pela oportunidade de trabalho, atenção, paciência e orientação, fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa;

Aos meus familiares pelo apoio constante e orientação durante a vida;

Aos amigos pelas torcidas e momentos de distração quando precisei;

Aos colegas de turma que, dentro de suas possibilidades, me ajudaram;

À Universidade do Estado do Amazonas pela infraestrutura e oportunidade de estágio;

Ao Governo Federal e CAPES pela concessão de bolsa de estudo, no âmbito do Programa Ciência Sem-Fronteiras;

E finalmente, a todas as pessoas que me apoiaram nesta etapa da vida.

AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO PARA QUATRO DIFERENTES LOCAIS DE MANAUS (AM)

KATHARINA DE CARVALHO CAPOBIANGO

RESUMO

O crescimento contínuo de Manaus tem impacto direto na paisagem, com a substituição de áreas verdes por materiais que apresentam maior capacidade térmica (C_T), como o concreto, asfalto, telhas, dentre outros. Como resultado tem-se modificações no microclima urbano, e conseqüentemente no conforto térmico da população, o que ainda pode ser agravado durante a atuação de fenômenos climáticos como El Niño que reduzem a precipitação significativamente na região. Neste estudo, foram avaliados tanto as variáveis meteorológicas quanto o índice de conforto humano (ICH) obtidos em quatro (4) diferentes locais sendo três (3) da área urbana de Manaus, e um (1) em local de área rural no entorno da cidade. A sazonalidade do ICH esteve relacionada com a distribuição da precipitação ao longo do ano, com variação de 4,0, 4,4 e 5,0 °C entre outubro e dezembro, para as estações EST, IFAM e CMM, nessa ordem. As diferenças de ICH entre os locais indicam relação direta com as características de cobertura da superfície analisadas. Embora a umidade relativa seja maior na área rural, esta é mais confortável devido às menores temperaturas do ar. Para as estações da área urbana, a localizada na região central da cidade (CMM) foi a menos confortável termicamente, superando a temperatura do ar em até 13,8 °C. Apesar das semelhantes características na EST e IFAM, maiores temperaturas na IFAM devido a esta encontrar-se instalada sobre o telhado, resultou em ICH aproximadamente 1,0 °C mais elevado. Além da influência da cobertura de superfície no ICH entre os locais, a ocorrência do El Niño muito forte de 2015/16 potencializou o desconforto térmico na zona sul de Manaus, com diferença em relação a 2018 de até 4,0 °C.

PALAVRAS-CHAVE: ÍNDICE DE CONFORTO HUMANO, CRESCIMENTO URBANO DE MANAUS, COBERTURA DA SUPERFÍCIE, ESTAÇÃO METEOROLÓGICA.

EVALUATION OF THERMAL COMFORT FOR FOUR DIFFERENT LOCATIONS IN MANAUS (AM)

KATHARINA DE CARVALHO CAPOBIANGO

ABSTRACT

The continuous growth of Manaus has direct impact on landscape, with the replacement of green areas for materials that have a higher heat capacity, such as concrete, asphalt, roofing, among others. As a result, there are changes in the urban microclimate, and consequently on the thermal comfort of the population, which can still be aggravated during the occurrence of climate systems such as El Niño that reduces precipitation significantly in the region. In this study, we evaluated both the meteorological variables and human comfort index (HCI) obtained in four (4) different locations, three (3) in the urban area of Manaus, and one (1) in the rural area surrounding the city. The seasonality of the HCI was related with the distribution of precipitation throughout the year, with a variation of 4.0, 4.4 and 5.0 °C between October and December, in the stations EST, IFAM and CMM, in that order. HCI differences between sites indicate direct relation with the characteristics of the analyzed surface coverage. Although the relative humidity is larger in rural area, this is more comfortable because of the lower temperatures. For the stations of the urban area, located in the central region of the city, it was the least thermally comfortable, surpassing the air temperature by up to 13.8° C. Despite the similar features in EST and IFAM, higher temperatures in IFAM are found because this stations is installed on top of the roof, resulting in approximately 1.0° C higher HCI. In addition to the influence of surface coverage on ICH between sites, the occurrence of the very strong El Niño 2015/16 has enhanced the thermal discomfort in the South zone of Manaus, with difference compared to 2018 of up to 4.0° C.

KEYWORDS: HUMAN COMFORT INDEX, URBAN GROWTH OF MANAUS, SURFACE COVERAGE, METEOROLOGICAL STATION.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 CRESCIMENTO URBANO DE MANAUS	14
3.2 MICROCLIMA URBANO	15
3.3 CONFORTO TÉRMICO.....	17
3.4 ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO	19
4. DADOS E METODOLOGIA.....	21
4.1 DADOS.....	21
4.2 METODOLOGIA.....	22
5. RESULTADOS	25
5.1 COBERTURA DA SUPERFÍCIE	25
5.2 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS	26
5.3 ÍNDICE DE CONFORTO HUMANO	35
5.4 ÍNDICE DE DESCONFORTO TÉRMICO	41
5.5 COMPARATIVO 2015 X 2018.....	42
6. CONCLUSÃO.....	45
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AM – AMAZONAS

CALDEIRAO – CAMPO EXPERIMENTAL DO CALDEIRÃO DA EMBRAPA
AMAZÔNIA OCIDENTAL

CPTEC – CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS

CMM – COLÉGIO MILITAR DE MANAUS

DIR – DIREÇÃO DO VENTO

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA

ENOS – EL NIÑO – OSCILAÇÃO SUL

EST – ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA

FMA – FEVEREIRO, MARÇO E ABRIL

FINEP – FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS

IC – ÍNDICE DE CALOR

ICH – ÍNDICE DE CONFORTO HUMANO

IDT – ÍNDICE DE DESCONFORTO TÉRMICO

IFAM – INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA

JAS – JULHO, AGOSTO E SETEMBRO

PA – PARÁ

Patm – PRESSÃO ATMOSFÉRICA

PREC – PRECIPITAÇÃO

REMCLAM – REDE DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS DA AMAZÔNIA

RN – RIO GRANDE DO NORTE

T – TEMPERATURA

UR – UMIDADE RELATIVA

VEL – VELOCIDADE DO VENTO

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1. Climatologia da Precipitação e Temperatura do ar para Manaus, obtida com base no período de dados 1961 e 1990 (INMET, 2008) 16
- FIGURA 2. Localização das quatro estações meteorológicas instaladas durante a execução do projeto REMCLAM, cujos dados foram utilizados neste estudo: EST, CALDEIRAO, IFAM e CMM. 21
- FIGURA 3. Fluxograma com as etapas desenvolvidas neste estudo. 24
- FIGURA 4. Características da cobertura da superfície no entorno das quatro estações utilizadas neste estudo com as fotos das estações meteorológicas, tal como encontram-se instaladas. 26
- FIGURA 5. Temperatura (T) e Umidade Relativa (UR) do ar média mensal, e acumulado mensal de precipitação (Prec), para as estações EST, CALDEIRAO, IFAM e CMM, em 2018. 27
- FIGURA 6. Temperatura (T) e Umidade Relativa (UR) do ar médias diárias, e acumulado diário de precipitação (Prec) para o mês de março de 2018. 29
- FIGURA 7. Temperatura (T) e Umidade relativa (UR) do ar médias diárias, e acumulado diário de precipitação (Prec) para o mês de julho de 2018. 32
- FIGURA 8. Ciclo diário médio da temperatura (superior) e umidade relativa do ar (inferior) para março (esquerda) e julho (direita) de 2018 34
- FIGURA 9. Índice de Conforto Humano médio mensal para 2018, nas estações EST, CALDEIRAO, IFAM e CMM. A linha preta contínua representa o limiar de 40,0 °C do ICH limitando as classificações de “Grau de Conforto Variando” e “Desconforto Suportável”. 36
- FIGURA 10. Índice de Conforto Humano médio diário para março (superior) e julho (inferior) de 2018, nas estações EST, CALDEIRAO, IFAM e CMM. As linhas pretas contínuas representam o limiar de 40 °C e 46 °C do ICH limitando as classificações de “Grau de Conforto Variando”, “Desconforto Suportável” e “Desconforto Insuportável”. 37
- FIGURA 11. Índice de Conforto Humano médio diário para outubro de 2018, nas estações EST, IFAM e CMM. As linhas pretas contínuas representam o limiar de 40,0 °C e 46,0 °C do ICH limitando as classificações de “Grau de Conforto Variando”, “Desconforto Suportável” e “Desconforto Insuportável”. 39

FIGURA 12. Ciclo diário médio do Índice de Conforto Humano (superior) e da diferença entre ICH e T (inferior) para março (esquerda) e julho (direita) de 2018, nas estações EST, CALDEIRAO, IFAM e CMM. As linhas pretas contínuas representam o limiar de 40,0 °C e 46,0 °C do ICH limitando as classificações de “Grau de Conforto Variando”, “Desconforto Suportável” e “Desconforto Insuportável”. 40

FIGURA 13. Ciclo diário médio do Índice de Conforto Humano para outubro de 2018, nas estações EST, IFAM e CMM. As linhas pretas contínuas representam o limiar de 40,0 °C e 46,0 °C do ICH limitando as classificações de “Grau de Conforto Variando”, “Desconforto Suportável” e “Desconforto Insuportável”. 41

FIGURA 14. Índice de Desconforto Térmico médio mensal para 2018 nas estações EST, CALDEIRAO, IFAM e CMM. A linha preta contínua representa o limiar de 26,5 °C do IDT limitando as classificações de “Parcialmente Confortável” e “Muito Desconfortável”. 41

FIGURA 15. Ciclos diários médios da Temperatura do ar (T) e do Índice de Conforto Humano (ICH) para a estação CMM, em julho, outubro, novembro e dezembro de 2015 (azul) e 2018 (laranja). As linhas pretas contínuas representam o limiar de 40,0 °C e 46,0 °C do ICH limitando as classificações de “Grau de Conforto Variando”, “Desconforto Suportável” e “Desconforto Insuportável”. 44

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Número de dias com chuva e precipitação diária máxima registrada nas estações EST, CALDEIRAO, IFAM e CMM, nos meses de 2018.	30
TABELA 2. Valores de máxima e mínima de T, UR, diferença entre ICH e T, e precipitação máxima diária para o mês de outubro de 2018.	38
TABELA 3. Valores médios mensais da temperatura (T), do índice de conforto humano (ICH), acumulado de precipitação (PREC) e número de dias com chuva para cada mês.	42

1. INTRODUÇÃO

Com grande crescimento populacional e econômico, devido ao forte polo industrial, atividades comerciais e de serviço, Manaus vem apresentando uma significativa mudança na paisagem natural e social, resultando em impactos no microclima da cidade (Mandu et al., 2018). Um exemplo é a ocorrência do fenômeno de ilha de calor na cidade o qual é definido como o aumento da temperatura do ar na área urbana em relação às áreas do entorno (Arya, 2001), verificado não apenas quando comparada a temperatura do ar entre a área urbana e a área de floresta, mas também entre zonas da cidade, como apresentado nos estudos de Correa et al. (2016).

Como consequência, tem-se que o conforto térmico humano em Manaus não pode ser generalizado para a cidade como um todo. Este termo é definido como a neutralidade térmica que as pessoas têm com o meio em que vivem, isto é, não necessitam nem de mais frio nem de mais calor no ambiente ao seu redor (Lamberts e Xavier, 2013). Como a temperatura do ar em Manaus apresenta uma marcante variabilidade espacial, com áreas mais aquecidas onde tem-se uma menor fração de área vegetada e maior fração de área construída tem-se que esta sensação de bem estar irá variar de acordo com as características de cobertura da superfície, conforme constatado por Silva (2009) em seu estudo.

Além desta ação antrópica, a variabilidade natural das condições atmosféricas devido à ocorrência de fenômenos como ENOS (El Niño - Oscilação Sula) também contribui para alterações no conforto térmico humano. Estes alteram os padrões de precipitação sobre a região amazônica (Nobre e Oliveira, 1987; Marengo, 2004; Andreoli et al., 2012; Limberger e Silva, 2016; Simas et al., 2018), o que contribui para elevar ou reduzir a temperatura do ar em relação à climatologia local. Conseqüentemente, tem-se modificações na sensação causada no corpo humano pelo ambiente, uma vez que os processos que regem a transferência de calor entre corpos são influenciados principalmente pela temperatura do ar (Campos et al, 2010).

Diferentes métodos empíricos tem sido apresentados na literatura para determinação da influência das condições ambientais sobre o indivíduo, cujos

resultados são classificados em níveis de conforto e desconforto com base em valores de referências previamente estabelecidos para cada metodologia: IC - Índice de Calor (Steadman, 1979); Sensação Térmica (Siple e Passel, 1945); ICH - Índice de Conforto Humano (Anderson 1965); e o IDT - Índice de Desconforto Térmico (Thom, 1959). Estes são determinados com base em uma ou mais variáveis meteorológicas, sendo a temperatura do ar e a umidade relativa as mais utilizadas (Campos et al., 2010).

Neste sentido, este estudo busca determinar e avaliar o conforto térmico humano para diferentes meses e anos, em locais inseridos na área urbana e na área rural no entorno de Manaus. Com isso será possível entender a variabilidade desta variável ao longo dos meses e entre os locais, informações que poderão ser utilizadas para ações no sentido de melhorar o conforto térmico humano em grandes centro urbanos.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo foi avaliar o conforto térmico humano para a cidade de Manaus em diferentes locais da cidade.

Como objetivos específicos teve-se:

- I. Calcular os índices de conforto e desconforto para quatro locais da cidade;
- II. Analisar o comportamento do ICH e IDT entre meses mais e menos chuvosos de Manaus;
- III. Relacionar de forma qualitativa o ICH e IDT com as características de cobertura do solo para cada local de estudo.
- IV. Verificar o comportamento dos índices ICH e IDT durante o evento intenso de El Niño que ocorreu em 2015/2016.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste item serão apresentados resultados de diferentes estudos científicos relacionados com esta pesquisa: crescimento urbano de Manaus em termos de ocupação e aumento da população; fatores que contribuem para alterações do microclima urbano geral e o caso de Manaus; definição de conforto térmico e seus efeitos na população; uma revisão de diferentes metodologias utilizadas para quantificar o conforto térmico humano e resultados de estudos científicos no Brasil e em especificamente Manaus.

3.1 CRESCIMENTO URBANO DE MANAUS

A partir da Lei nº, 3.173 de 06 de junho de 1957 foi instituído a Zona Franca de Manaus, para incentivar a industrialização na região central da Amazônia, justamente com o intuito de povoá-la. No entanto, o aumento descontrolado concebeu a cidade de Manaus o título de maior cidade da região norte, com mais de 2 milhões de habitantes, o que representa 61,23 % da população do estado do Amazonas (IBGE, 2017). Esta população está distribuída em uma área de 11.401,092 km², que corresponde a 0,73% da área do Estado do Amazonas.

Com grande crescimento populacional e econômico, pode-se destacar Manaus como um exemplo da concentração urbana moderna, com significativa mudança na paisagem natural e social resultando em impactos no meio e no microclima da cidade (Vilhena et al., 2016).

A cidade cresceu prioritariamente nas direções Leste e Norte, e assim continua nos dias atuais, uma vez que a Bacia do Rio Negro limita a sua expansão para Oeste e Sul (Silva, 2012). Aproximadamente 37 bairros mais o Distrito Industrial ocupavam Manaus até a década de 80 do século XX, porém, hoje contamos com 56 bairros e inúmeras comunidades não oficiais, frutos de ocupações irregulares. Com estas ocupações, temos grande degradação ambiental, nas zonas Leste e Norte, onde ocorrem um número elevado de danos à população devido à ocupação ilegal de áreas consideradas de risco (Nogueira et al., 2007).

3.2 MICROCLIMA URBANO

Estudos relatam que o clima local das cidades é modificado por meio de processos urbanos, tais como pavimentação de locais verdes, o que resulta em um aumento da temperatura local devido ao maior acúmulo de calor pela superfície (Gonçalves, Camargo & Soares, 2012).

Como resultado da expansão urbana acelerada da maioria das cidades brasileiras, tem-se uma temperatura da área urbana mais quente que seu entorno, o que caracteriza a ocorrência de fenômeno de “ilhas de calor” (Arya, 2001). As áreas urbanas podem apresentar-se em torno de 3 °C a 5 °C mais aquecidas que suas áreas rurais localizadas no entorno (Galvão, 2018). Este efeito é resultado da redução de área verde e, conseqüentemente, maior absorção de radiação solar pelas áreas impermeabilizadas com materiais que apresentam maior capacidade térmica.

Um estudo desenvolvido na cidade de Presidente Prudente (SP) para o mês de julho de 2008, em 3 diferentes locais da cidade, sendo 2 pontos na área urbana e 1 na área rural, Ikefuti e Amorim (2018) indicaram diferentes valores de temperatura efetiva, em resposta às diferentes características de cobertura da superfície. Nos horários da manhã e noite as temperaturas efetivas foram mais elevadas no ambiente interno devido ao armazenamento do calor pelos materiais da edificação. O contrário foi verificado no período vespertino quando as temperaturas efetivas foram mais elevadas no ambiente externo, pelo aquecimento do ar resultado da radiação solar.

No caso de Manaus, em termos de área urbana temos que a cidade é caracterizada por elevadas temperatura do ar, as quais variam em média de 25,9 e 27,7 °C entre os meses fevereiro e setembro/outubro, respectivamente, os quais são representativos do período mais e menos chuvoso da região (INMET, 2008), conforme apresentado na Figura 1. Outra característica são elevados valores de umidade relativa do ar, que variam de 77% (agosto/setembro) a 88% (março) ao longo do ano, atribuído à umidade trazida do Oceano Atlântico Norte pelos ventos alísios e da evapotranspiração da floresta.

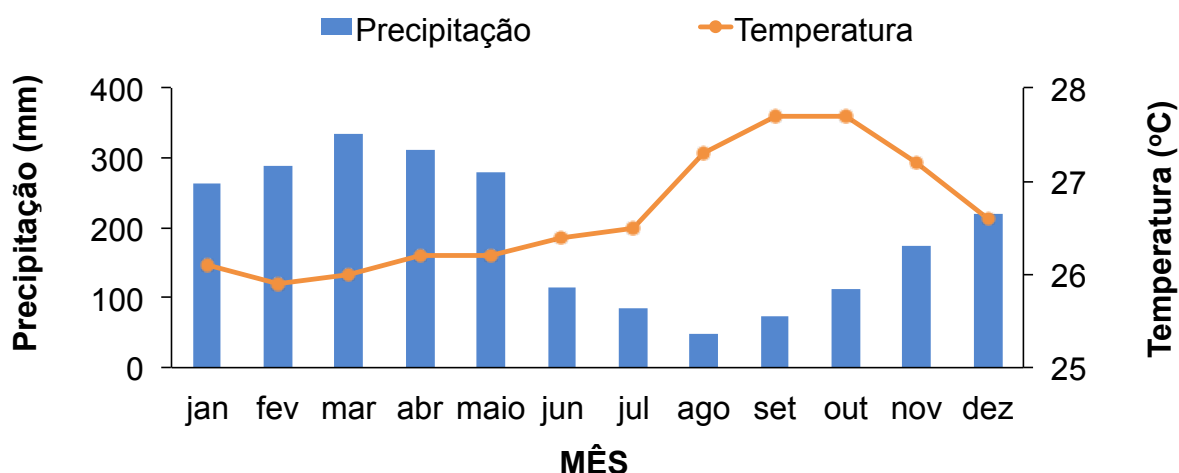


FIGURA 1. Climatologia da Precipitação e Temperatura do ar para Manaus, obtida com base no período de dados 1961 e 1990 (INMET, 2008)

Associado ao aumento populacional e o crescimento urbano de Manaus na segunda metade do século XIX, foi observado um incremento médio da temperatura média anual na cidade de $3,17 \pm 0,53$ °C, devido a alteração do balanço energético da superfície pelo desmatamento e urbanização (Oliveira et al., 2008).

Quando comparada a área urbana com a área rural no entorno de Manaus em termos de características térmicas, foram observadas diferenças de temperatura da ordem de 2 °C a 8 °C, atribuído à localização das manchas urbanas com maior densidade populacional e o a predominância de áreas verdes e rios no entorno da cidade (Correa et al., 2016).

No entanto, estudos indicam que a ocorrência de eventos El Niño e La Niña alteram as condições atmosféricas na região amazônica e consequentemente em Manaus. Nobre e Oliveira (1987), observaram precipitação praticamente nula para Manaus durante os meses de janeiro e fevereiro de 1983, devido à atuação de um El Niño de intensidade muito forte que ocorreu em 1982/1983.

Considerando dados mensais de precipitação registrados em aproximadamente 300 estações inseridas na Amazônia Brasileira para o período 1929-1999, Marengo (2004) identificou mudanças na circulação e campos oceânicos após 1975, que resultou em frequentes e intensos eventos de El Niño, os quais foram atribuídos à diminuição da precipitação no norte da Amazônia.

Andreoli et al, 2012 verificaram que não só as anomalias de temperatura da superfície do mar do Pacífico Tropical em anos de ENOS influenciam na precipitação sobre a Bacia Amazônica, com redução da precipitação da região em

anos de El Niño, e aumento durante eventos La Niña. Há também um efeito combinado das anomalias de temperatura da superfície do Atlântico.

Resultados semelhantes foram obtidos por Limberger e Silva (2016) ao analisar a variabilidade climática na Bacia Amazônica. Alterações nos índices pluviométricos na Bacia Amazônica foram atribuído à ocorrência de eventos ENOS e a alterações da temperatura da superfície do Oceano Atlântico com redução da precipitação na região quando a porção norte encontra-se mais aquecida do que a Sul.

Ao avaliar dados diários e sazonais de precipitação para Manaus no período de 1927 a 2016, Simas et al. (2018) observaram redução de precipitação em anos com ocorrência de El Niño e aumento em anos de La Niña para todos os meses do ano, sendo mais evidentes no período chuvoso da região, com este último contribuindo para o aumento da frequência de eventos extremos de chuva na cidade.

3.3 CONFORTO TÉRMICO

Diferentes definições podem ser encontradas na literatura para conforto térmico. No ambiente atmosférico, é definido como a neutralidade térmica que as pessoas têm com o meio em que vivem, isto é, não necessitam nem de mais frio nem de mais calor no ambiente ao seu redor (Lamberts e Xavier, 2013). Complementando esta definição, Souza et al. (2010), indicaram que conforto térmico é uma condição da mente que expressa a satisfação do indivíduo com o ambiente térmico.

Além das condições físicas do indivíduo, fatores ambientais estão diretamente relacionados com as condições de conforto térmico humano (Pereira et al., 2015). Segundo estes autores, o conforto térmico está de alguma forma relacionada com o estado de espírito, sendo um processo cognitivo que envolve os fatores psicológicos com o apoio de variáveis meteorológicas, tais como temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar e vento.

A arborização e a ventilação natural são soluções tecnicamente mais apropriadas e economicamente mais viáveis ao desconforto ambiental, mas estão sendo comprometidas pela ocupação urbana que vem gerando um excessivo

desmatamento de áreas florestais e as cidades ficando mais densas. (Loureiro, 2003). Por outro lado, a busca pela satisfação do conforto térmico através do uso de condicionadores de ar resulta em um consumo excessivo de energia elétrica e com isso, tem-se um custo maior para a população (Baltar, 2006).

O efeito combinado das condições de temperatura e umidade relativa do ar contribui para condições de desconforto térmico. Através de estimativas o Índice de Calor para Manaus, de 1986 a 2017, Mandu (2018) observou que a percepção humana da temperatura do ar não superou valores acima de 28 °C, porém em 2015 foi observado um valor recorde de 29 °C, mostrando o aumento do desconforto humano no decorrer dos anos.

Como uma das soluções para este problema tem-se a indicação da utilização dos princípios da arquitetura bioclimática, que, segundo Loureiro (2003), utiliza elementos favoráveis do clima local combinados com técnicas construtivas, otimizando o conforto de seus usuários e diminuindo o consumo de energia elétrica.

Em locais de trabalho, quando as trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente ocorrem sem maior esforço, a sensação do indivíduo é de conforto térmico e sua capacidade de trabalho é máxima. No entanto, se as condições térmicas ambientais são adversas a estas, será necessário do organismo esforço adicional, que representa sobrecarga, com queda de rendimento no trabalho e até problemas de saúde (França et al., 2015). De acordo com o decreto da lei 5452, publicada em 1º de maio de 1943, seção III, Artigo 165, as condições de conforto térmico dos locais de trabalho devem ser mantidas dentro dos limites fixos exigíveis pelo Ministério do Trabalho, os quais atualmente variam entre 12 °C no inverno e 28 °C no verão, sem teores excessivamente grandes ou excessivamente pequenos de umidade (Brasil, Decreto n. 5452, 1943).

Assim, diversos estudos têm verificado a relação entre o conforto térmico e as condições em que se encontram os indivíduos. Loureiro (2003) realizou um estudo na cidade de Manaus e observou que devido ao uso excessivo de vidros nas fachadas de prédios, foi exigido o uso de aparelhos de resfriamento para manter o conforto humano nos ambientes de trabalho, e com isso, teve-se o aumento do consumo de energia.

Além da questão financeira, a exposição humana a situações extremas e/ou contínuas de desconforto térmico pode causar problemas na saúde. Nóbrega e

Lemos (2011) afirmaram que as ilhas de calor podem ocasionar problemas respiratórios, gerando um aumento nos gastos do governo local na área da saúde e que, além disso, a insolação também aumenta, diminuindo o albedo, e conseqüentemente, diminuindo a sensação de conforto térmico pela população.

Diante da apresentação destes estudos, tem-se a importância do estudo de conforto térmico tanto em ambiente interno quanto externo, objetivando melhorias para a vida dos seres humanos.

3.4 ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO

Diferentes índices são apresentados na literatura para determinação de índices de conforto e desconforto térmico humano, baseado em dados de variáveis meteorológicas, sendo que os processos que regem a transferência de calor entre corpos são influenciados principalmente pela temperatura do ar, além da mesma estar relacionada com a sensação causada no corpo humano pelo ambiente (Campos et al., 2010).

O Índice de Calor é uma temperatura aparente que resulta da combinação das condições de temperatura e umidade do ar com a velocidade do vento e radiação solar, porém utilizando apenas dados de T e UR em sua formulação final (Steadman, 1979). A sensação térmica é uma temperatura aparente que expressa a percepção da temperatura do ar pelo corpo humano sob condições de baixas temperatura do ar com velocidade do vento acima de 4,8 km/h (Siple e Passel, 1945). O Índice de Conforto Humano, desenvolvido por Anderson (1965), é uma temperatura efetiva que indica a percepção humana da temperatura do ar devido a condições de calor e umidade elevados. Assim como o ICH, o Índice de Desconforto Térmico (Thom, 1959) também indica o efeito de elevados valores de T e UR na temperatura efetiva que representa as condições térmicas do corpo humano.

Através de dados de temperatura e precipitação coletados em 10 diferentes estações instaladas em Manaus no ano de 2009, Silva (2012) verificou um valor máximo de temperatura do ar de 29,5 °C no bairro São Francisco, uma área muito urbanizada da cidade. Já áreas mais vegetadas, além de apresentarem menor temperatura mínima, as estações obtiveram menores amplitudes como foi o caso da

UFAM, quando a diferença entre as temperaturas máximas e mínimas foram em média 3,6 °C. Além disso o autor verificou que a precipitação tem efeito negativo sobre a temperatura local, amenizando o desconforto térmico, com temperaturas decrescendo logo após o evento de precipitação em cada estação estudada.

O índice de desconforto térmico foi utilizado por Vital et al. (2012), ao estudar 12 dias de dados do mês de julho de 2011, na cidade de Olinda (PE). Neste estudo foi notada uma estreita relação entre os padrões de umidade e de desconforto humano. Também foi observado que este índice pode também variar com a estruturação física do local, assim como com o tempo e espaço.

Um estudo envolvendo as cidades Manaus (AM) e Belém (PA), e uma área de floresta em Caxiuanã (PA) e Belém (PA), para o período de 2009 a 2013, obteve maiores diferenças de temperatura entre Manaus e região de floresta, como consequência da urbanização, o que não foi verificado para Belém pela influência do efeito de brisa que atua na cidade amenizando as características térmicas (Barbosa, 2015). Consequentemente, o índice de calor apresentou valores mais elevados para Manaus, principalmente no período mais seco, indicando a importância da vegetação para a manutenção do conforto térmico na cidade, e a melhoria da qualidade de vida de seus habitantes.

Através do índice de calor, Cavalcante et al. (2017) puderam analisar e observar que durante o período de 2013 a 2016, o município de Caicó (RN) apresentou temperaturas elevadas, com média mensais de até 37,7 °C, o que resultou em um índice de calor da ordem de 45,0 °C, configurando um nível de alerta variando de “muito cuidado” a “perigo” para a população.

Ao analisar as características térmicas entre a área urbana e rural no entorno e Manaus, entre os períodos mais e menos chuvosos da região em 2016, Chaves e Oliveira (2018) verificaram que o comportamento da temperatura do ar, umidade relativa do ar e do Índice de Calor estão diretamente relacionados com o tipo de cobertura da superfície. A área urbana apresentou maior temperatura do ar e menor conforto térmico quando comparada com a área rural, independente da época do ano, com maiores diferenças de IC entre os locais durante a noite devido à maior capacidade térmica do concreto quando comparada com a vegetação.

4. DADOS E METODOLOGIA

4.1 DADOS

O estudo foi desenvolvido para a cidade de Manaus e seu entorno considerando 4 locais distintos, sendo 3 na área urbana da cidade e 1 na área rural, conforme apresentado na Figura 2. Nestes locais encontram-se instaladas estações meteorológicas, como parte da execução do projeto Rede de Mudanças Climáticas da Amazônia – REMCLAM/FINEP – Convênio N. 0.1.10.0470.00. Cada estação foi nomeada de acordo com o seu local de instalação: CMM – Colégio Militar de Manaus, Zona Sul (área urbana); IFAM – Instituto Federal do Amazonas, campus da Zona Leste (área urbana); EST – Escola Superior de Tecnologia, da Universidade do Estado do Amazonas, Zona Centro-Sul (área urbana) e; CALDEIRAO – Campo Experimental do Caldeirão da EMBRAPA Amazônia Ocidental (área rural).



FIGURA 2. Localização das quatro estações meteorológicas instaladas durante a execução do projeto REMCLAM, cujos dados foram utilizados neste estudo: EST, CALDEIRAO, IFAM e CMM.

Estas estações meteorológicas são do Fabricante Hobo, modelo U30, e encontram-se equipadas com sensores para o monitoramento contínuo das variáveis: temperatura (T) e Umidade relativa (UR) do ar, direção (DIR) e velocidade (Vel) do vento, pressão atmosférica (Patm) e precipitação (Prec). Estes equipamentos encontram-se conectados a um sistema de aquisição e armazenamento de dados, modelo HOBO U30/GSM, programados para efetuar os

registros em intervalos de 5 minutos e transmitir os dados para um servidor externo através do qual são acessados.

Para este estudo, foram utilizados os dados de T, UR e Prec registrados nas estações CMM, EST, IFAM e CALDEIRAO, durante o ano de 2018, período de estudo escolhido devido à maior disponibilidade de dados. No caso das medidas de T e UR foi utilizado um termohigrômetro, modelo S-THB- M002, o qual foi desenvolvido para operar na faixa de 0 a 100% (para UR) e -40 a 75 °C (para T). Com relação aos dados de precipitação, estes foram obtidas através de um pluviômetro do tipo báscula, modelo S-RGB-M002, confeccionado para registrar precipitações de até 127 mm.

Devido à falha de dados e/ou erro de medidas para as estações, no caso da CALDEIRAO foram considerados dados até 22 de julho de 2018, e para a estação CMM não serão apresentados os dados referentes a setembro de 2018.

Dados de T, UR e Prec coletados na estação CMM no segundo semestre de 2015, nos meses de agosto, outubro, novembro e dezembro, também foram utilizados para análise das condições de conforto térmico em Manaus durante o El Niño de 2015/2016, o qual foi de intensidade muito forte, conforme descrito por L'Heureux (2017).

4.2 METODOLOGIA

Utilizando as medidas de T e UR para o referido período de estudo e locais de medida, foram calculados o Índice de Conforto Humano (ICH) e o Índice de Desconforto Térmico (IDT).

Para o cálculo do Índice de Conforto Humano (ICH), foi utilizada a metodologia descrita por Anderson (1965):

$$ICH = T_a + \frac{5}{9} (e_a - 10) \quad (1)$$

para a qual ICH é dado em graus celsius (°C), T_a é a temperatura do ar (°C) e e_a é a pressão real de vapor (mb). Sabendo-se que umidade relativa do ar é a razão entre a pressão real exercida pelo vapor (e_a) e a pressão exercida pelo vapor à saturação (e_s), à mesma temperatura, tem-se que:

$$UR = \frac{e_a}{e_s} \times 100 \rightarrow e_a = \frac{(e_s \times UR)}{100} \quad (2)$$

em que UR é a umidade relativa do ar, em %, medida pelas estações meteorológicas, e e_s , em mb, é dada pela equação de Tetens (1973), a qual é função apenas da temperatura do ar (T_a , em °C):

$$e_s = 6,10 \times 10^{\left(\frac{7,5 \times T_a}{237,3 + T_a}\right)} \quad (3)$$

Os valores de ICH obtidos pela equação 1 foram então avaliados de acordo com os critérios: ICH entre 20,0 e 29,0 °C, “*confortável*”; ICH entre 30,0 e 39,0 °C, “*grau de conforto variando*”; ICH entre 40,0 e 45,0 °C, “*desconforto suportável*”; e ICH igual ou superior a 46,0 °C, “*desconforto insuportável*”.

Também utilizando dados de T e UR coletados nas quatro estações meteorológicas, foi determinado o Índice de Desconforto Térmico, seguindo metodologia proposta por Thom (1959):

$$IDT = T - 0,55 \times (1 - 0,01 * UR) \times (T - 14,5) \quad (4)$$

Neste caso, os valores de IDT foram avaliados de acordo com os critérios: $IDT < 15,0$ °C “*pouco desconfortável*”; $15,0$ °C $\leq IDT < 20$ °C “*confortável*”; $20,0$ °C $\leq IDT < 26,5$ °C “*parcialmente confortável*”; e $IDT \geq 26,5$ °C, “*muito desconfortável*”.

Tanto o ICH quanto o IDT foram calculados para todo o período de dados, em intervalos de 5 minutos, e posteriormente determinadas as médias mensais, diárias e horárias destes índices assim como para os dados de temperatura e umidade relativa do ar. No caso da precipitação, foram calculados os acumulados mensais e diários para as análises de como a ocorrência de eventos de chuva interferem nas condições de conforto e desconforto térmico.

Para análise da variação sazonal do ICH e IDT, foram escolhidos os meses março e julho como representativos dos trimestres mais (FMA) e menos chuvoso (JAS) da região, segundo as normais climatológicas referente ao período 1961 a 1990 (INMET, 2008). Embora estes meses tenham apresentado uma maior

concordância entre as estações em termos de quantidade de dados disponíveis, vale salientar que para julho foram considerados os dados da CALDEIRAO referentes ao período de 01 a 22, período de dados disponíveis. Este mesmo período de dados foi adotado para as demais estações no caso de análises de valores médios mensais e ciclos diários médios.

As características de cobertura da superfície para cada local foram identificadas de forma qualitativa, utilizando para tanto imagens do Google Earth centrada em cada estação meteorológica para identificação do tipo de cobertura da superfície predominante em uma área circular de raio de 200m. Estas informações foram associadas com o conforto térmico obtido para cada local para uma análise da variabilidade espacial destes.

O índice ICH também foi calculado para os meses julho, outubro, novembro e dezembro de 2015, para a estação CMM. Os resultados foram então comparados com o que foi verificado nos mesmos meses em 2018, para caracterização das condições de conforto humano durante o evento de El Nino intenso que ocorreu em 2015-2016.

A seguir, na Figura 3, tem-se um fluxograma no qual a metodologia descrita acima é apresentada de forma resumida.

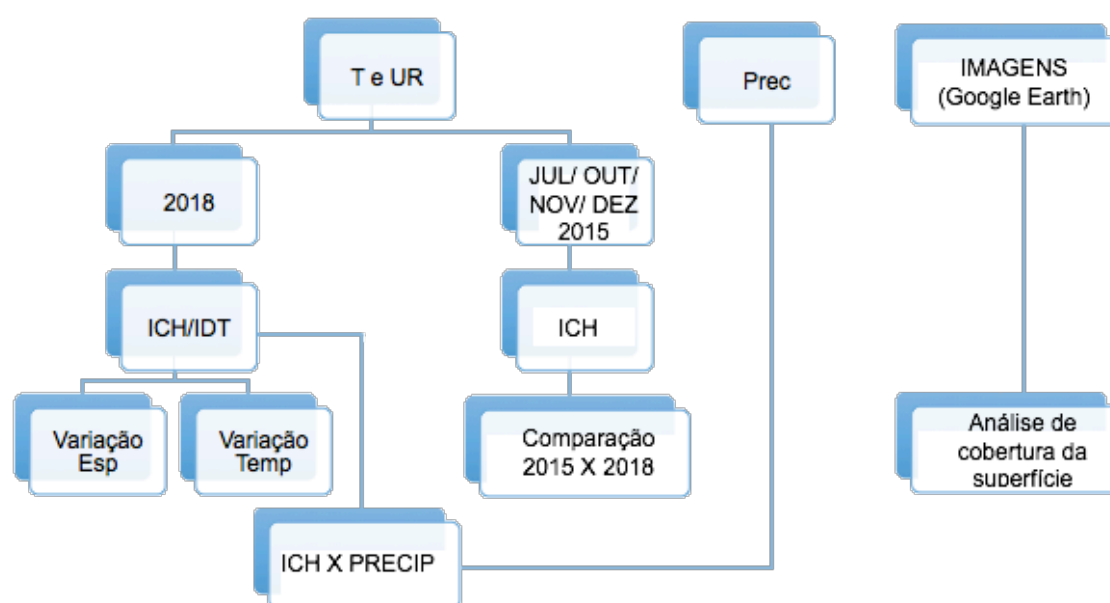


FIGURA 3. Fluxograma com as etapas desenvolvidas neste estudo.

5. RESULTADOS

Visando atender os objetos propostos para este estudo, os resultados serão apresentados no sentido de fornecer uma análise das características de cobertura da superfície no entorno de cada local de estudo, da variabilidade espaço-temporal das variáveis meteorológicas, da variabilidade espaço temporal do índice de conforto humano e, por último, será apresentado uma análise do índice de conforto humano para a estação CMM, no segundo semestre de 2018 e 2015.

5.1 Cobertura da superfície

Na Figura 4 são apresentadas as imagens do Google Earth centradas nos quatro locais de estudo, e fotos das estações meteorológicas que se encontram instaladas. Foram observadas diferentes características de cobertura da superfície. A EST, apesar de estar situada em um local urbanizado, com edificações e asfaltos nem próximos, observa-se a predominância de uma área arborizada na porção sul da área delimitada. Características semelhantes tem-se na IFAM, na qual pode-se verificar uma área extensa verde no leste e sudeste da imagem, sendo que neste caso a estação encontra-se sobre o telhado e não sobre uma superfície coberta com grama como a EST. Já para a CALDEIRAO, a região é de área verde, com uma mistura de vegetação de diferentes portes. A CMM está inserida em uma área urbanizada em quase toda a imagem, sendo verificadas árvores dispostas de forma isolada, embora esteja instalada sobre superfície coberta por grama.

Diante das diferentes características de cobertura da superfície entre os locais de estudo, faz-se necessário uma análise do comportamento das variáveis meteorológicas, temperatura e umidade relativa do ar, visto que estas influenciam nas condições de conforto térmico, assim como a precipitação.



FIGURA 4. Características da cobertura da superfície no entorno das quatro estações utilizadas neste estudo com as fotos das estações meteorológicas, tal como encontram-se instaladas.

5.2 Variáveis Meteorológicas

Em termos de acumulados mensais de precipitação (Figura 5), foi observada claramente uma sazonalidade nos dados apresentados, com menores valores nos meses de julho a novembro, quando comparado com os demais meses do ano. Os acumulados mensais foram de no mínimo 17,2 mm (CMM), 28,6 mm (EST) e 37,2 mm (IFAM) registrados em agosto, comportamento que segue a climatologia local, de acordo com a normal climatológica de Manaus obtida em relação ao período de 1961 a 1990 (INMET, 2008), apresentada na Figura 1. No caso da CALDEIRAO, a interrupção nos dados nos impediu de identificar o menor acumulado mensal para este local.

Por outro lado, o maior acumulado mensal de chuva ocorreu na CALDEIRAO (354,2 mm), em março, mês inserido no período mais chuvoso da região. Para as demais estações, os maiores valores foram observados em dezembro, quando foram superiores à climatologia, associado a uma ocorrência de

um evento de La Niña em 2018/2019 de intensidade moderada, de acordo com o Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), disponível no link: <http://enos.cptec.inpe.br/>. A diferença verificada entre os locais pode ser atribuída à não homogeneidade da precipitação, principalmente nos meses menos chuvosos devido à ocorrência de eventos isolados de chuva em Manaus, conforme estudo de Barbosa (2014).

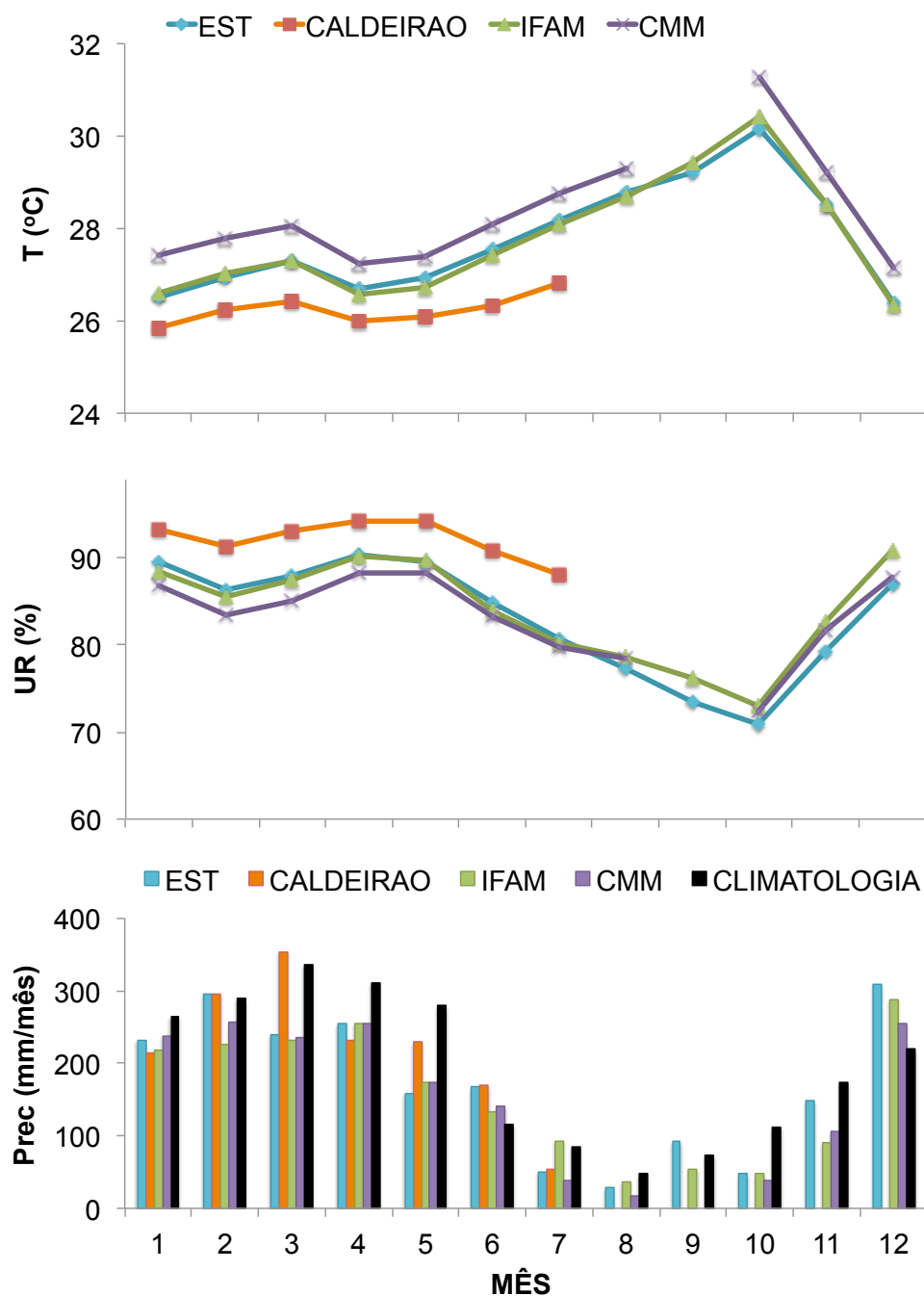


FIGURA 5. Temperatura (T) e Umidade Relativa (UR) do ar média mensal, e acumulado mensal de precipitação (Prec), para as estações EST, CALDEIRAO, IFAM e CMM, em 2018.

Para os valores médios mensais de temperatura do ar, também apresentados na Figura 5, foi observado que a estação CMM apresentou maiores valores, com variação entre 27,1 e 31,3 °C, verificados nos meses de dezembro e outubro, nessa ordem, indicando um gradiente sazonal de 4,2 °C. Na CALDEIRAO, a temperatura média mensal variou de 25,8 a 26,8 °C para o período disponível de dados, mantendo-se com valores inferiores entre as demais estações. Na IFAM e EST, os valores são próximos, com diferença máxima entre estas de 0,3 °C (outubro).

Para a UR, os valores mensais acompanharam o comportamento da precipitação, com variação de 70,8 a 94,3%, verificado nas estações EST (outubro) e CALDEIRAO (abril), respectivamente. De janeiro a julho, maiores valores foram observados na CALDEIRAO e predominantemente menores na CMM. No entanto, tem-se que no segundo semestre, as estações EST e IFAM apresentaram maiores diferenças entre os valores, com a IFAM sendo ligeiramente mais úmida de setembro a dezembro, embora os acumulados mensais fossem superiores na EST. De acordo com a Tabela 1, tem-se que este resultado também não teve relação direta com o número de dias com chuva e por estar próximo do Rio Negro, possivelmente um circulação vindo deste pode ter contribuído para maiores valores de UR na IFAM.

Os resultados obtidos para T e UR em geral se devem às características verificadas no item anterior. O concreto e o asfalto das áreas urbanizadas possuem maior capacidade de reter o calor quando comparado com regiões vegetadas. Além disso, tem-se claramente que os meses de maiores temperaturas e menor umidade, e de menores T e maior UR, também estão relacionadas com a distribuição anual de precipitação. O efeito da La Niña na precipitação de dezembro resultou em valores mínimos de T, apenas dois meses após os valores máximos terem sido observados, assim como verificado para os máximos e mínimos de UR, nessa ordem.

Para um melhor entendimento da variabilidade sazonal das variáveis meteorológicas, estas serão apresentadas em termos de valores diários para os meses de março (Figura 6) e julho (Figura 7) de 2018, como representativos dos períodos mais e menos chuvoso da região, nessa ordem.

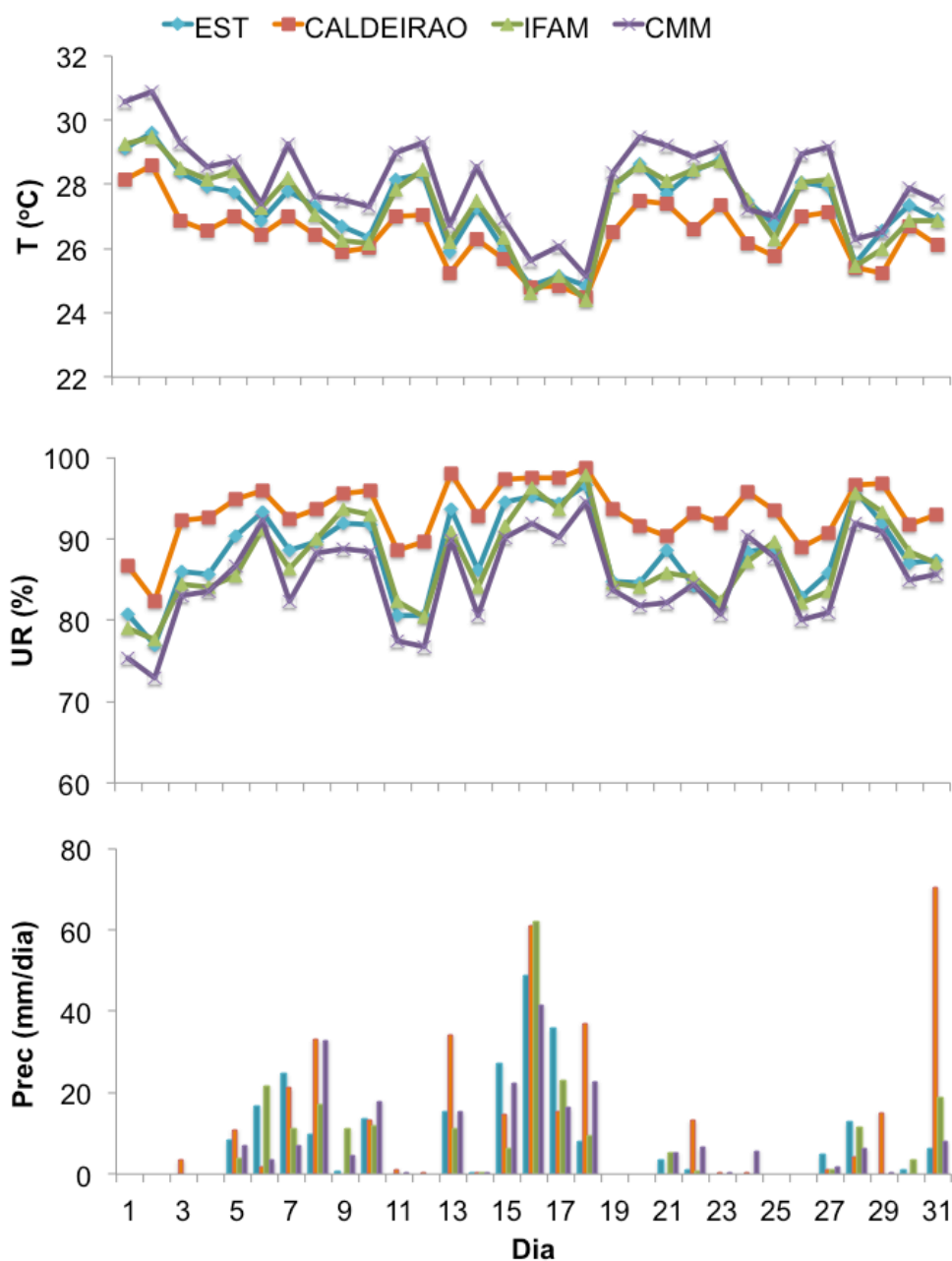


FIGURA 6. Temperatura (T) e Umidade Relativa (UR)do ar médias diárias, e acumulado diário de precipitação (Prec) para o mês de março de 2018.

Para março, a precipitação diária foi de até 70,6 mm (CALDEIRAO), registrada no dia 31, quando choveu nas demais estações apenas 6,4 mm (EST), 18,8 mm (IFAM) e 8,0 mm (CMM). O segundo dia com valores mais elevados de precipitação foi dia 16, porém neste dia a precipitação foi acima de 40 mm nas quatro estações. Assim como verificado nos acumulados mensais, a precipitação diária foi distinta entre os locais (Figura 6) embora tenham sido registrados eventos

de chuva em um número de dias iguais, como é o caso da EST e IFAM com chuva em 18 dias, e CALDEIRÃO e CMM com chuva em 21 dias de março (Tabela 1)

TABELA 1. Número de dias com chuva e precipitação diária máxima registrada nas estações EST, CALDEIRAO (CALD), IFAM e CMM, nos meses de 2018.

	Nº DE DIAS COM CHUVA				PRECIPITAÇÃO DIÁRIA MÁXIMA (mm)			
	EST	CALD	IFAM	CMM	EST	CALD	IFAM	CMM
JAN	23	23	21	28	52,0	42,0	37,8	46,6
FEV	18	18	16	18	62,6	50,6	36,8	46,6
MAR	18	21	18	21	48,8	70,6	62,2	41,6
ABR	24	25	25	23	32,8	71,8	64,2	44,2
MAIO	22	23	22	20	30,2	83,4	21,8	24,8
JUN	16	14	17	16	47,8	36,6	29,4	30,6
JUL	6	11	10	8	22,6	19,6	33,6	14,4
AGO	6	-	5	11	16,6	-	19,4	4,2
SET	12	-	9	-	32,6	-	32,6	-
OUT	4	-	8	6	25,4	-	21,2	15,2
NOV	14	-	15	11	61,6	-	31,6	42,4
DEZ	28	-	28	28	64,6	-	61,2	45,6

Os maiores e menores valores de T médio diário para cada estação foram: 24,8 e 29,6 °C (EST); 24,5 e 28,6 °C (CALDEIRAO); 24,4 e 29,5 °C (IFAM); e 25,2 e 30,9 °C (CMM), respectivamente, coincidindo os dias entre os locais. Tem-se ainda que no dia de valores mais elevados de temperatura (2 de março) não houve chuva e conseqüentemente a umidade relativa foi menor em relação aos demais dias do mês com valores 76,9 % (EST), 82,3% (CALDEIRAO), 77,6 % (IFAM) e 72,9 % (CMM). Por outro lado, os menores valores de temperatura não foram registrados no dia com maior acumulado de chuva, mas no último dia de uma sequência de 4 dias com chuva registrados nos locais (dia 18). Neste mesmo dia, a UR apresentou valores mais elevados para este mês nas quatro estações, quando foi em média 96,6 %, 98,6 %, 97,7 % e 94,5%, respectivamente para as estações EST, CALDEIRAO, IFAM e CMM.

Para julho, observa-se claramente que neste mês teve menos precipitação do que março, menor número de dias com chuva, menores acumulados diários, e conseqüentemente a umidade relativa foi menor, e a temperatura do ar mais elevada (Figura 7, Tabela 1). O maior acumulado diário de precipitação foi 33,6 mm registrado no dia 10 na IFAM, quando choveu 10,2 mm na EST, 17 mm na CALDEIRAO, e 14,4 mm na CMM. Para os dias 27 e 30, choveu acima de 20 mm em pelo menos uma das estações, resultando em um decréscimo de T e aumento de UR nestes dias para as estações com dados disponíveis (CMM, IFAM e EST).

A variação de T foi de 24,8 a 29,6 °C para EST, 24,5 a 28,6 °C para CALDEIRAO, 24,4 a 29,5 °C para IFAM e 25,1 a 30,9 °C para CMM, sendo os maiores valores verificados no dia 21, quando não houve eventos de chuva, e os menores no dia 11, quando maiores acumulados de chuva foram registrados. No caso da UR, a variação entre os dias seguiu o comportamento da precipitação, sendo o inverso de T, porém mantendo o padrão já verificado, com a CMM apresentando menores valores e a CALDEIRAO maiores valores, como resposta das características da superfície, onde áreas mais urbanizadas apresentam, em tese, menores valores de umidade e áreas vegetadas, maiores valores.

Na Figura 8 serão apresentados os ciclos diários médio para T e UR, referente aos meses março e julho de 2018. Como já verificado anteriormente, valores mais elevados de T foram observados em julho, de até 33,3 °C, cerca de 2,0 °C a mais que março. Para a umidade relativa do ar, foram verificados valores de no mínimo 60,8 % em julho e 74,2 % em março. Este comportamento de T e UR é um resultado do efeito da nebulosidade e a distribuição de chuva na região.

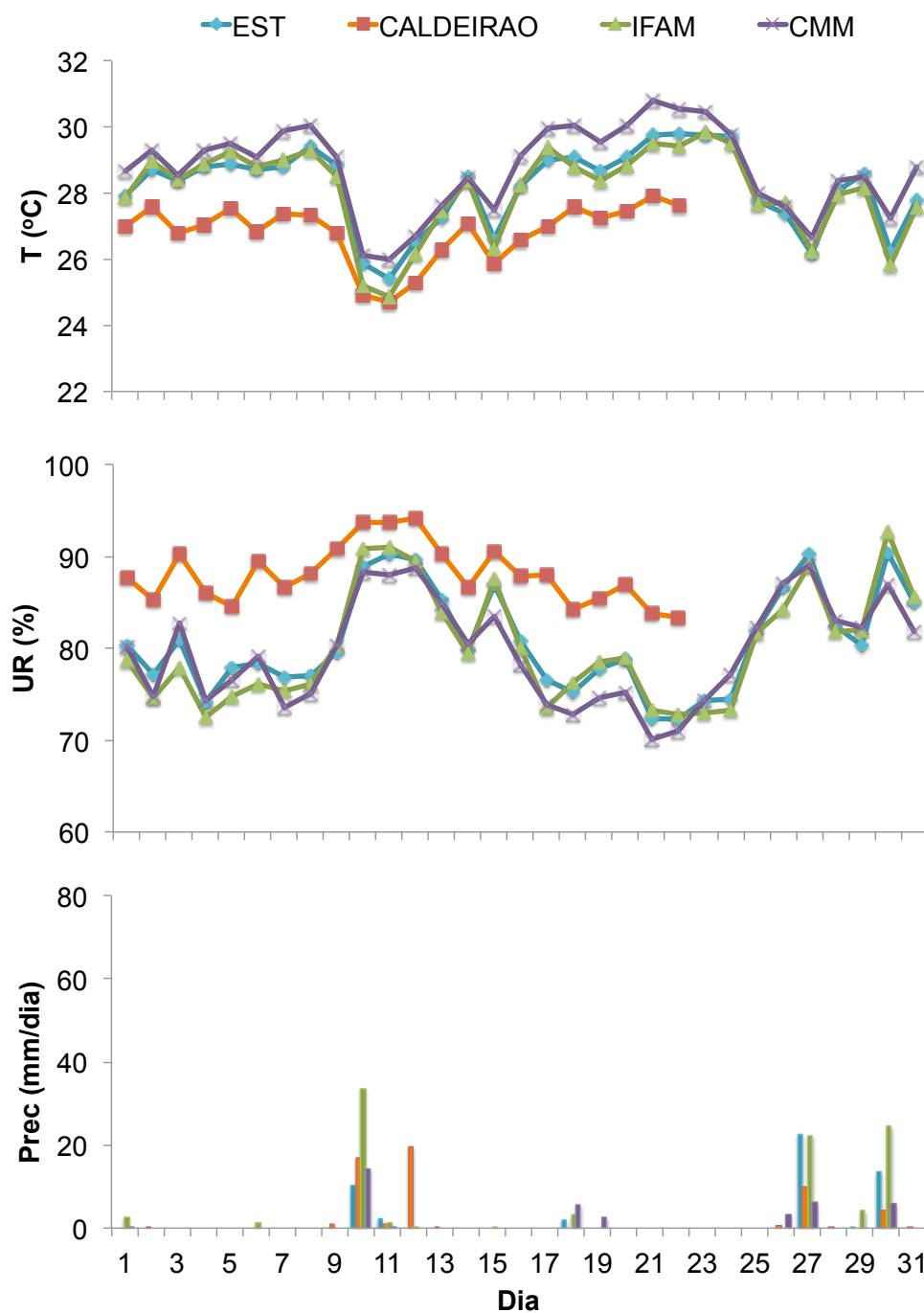


FIGURA 7. Temperatura (T) e Umidade relativa (UR) do ar médias diárias, e acumulado diário de precipitação (Prec) para o mês de julho de 2018.

Em relação às horas do dia, tem-se que uma maior variação de T e UR entre dia e noite foi observada em julho, quando foi 8,5 °C, 7,5 °C, 8,8 °C, e 7,0 °C, nas estações EST, CALDEIRAO, IFAM e CMM, nessa ordem, e para UR a variação foi de 33,2 %, 28,9 %, 31,6 % e 25,2 %, o que está associado com o maior aquecimento e resfriamento da superfície nos meses com menor nebulosidade. De

uma forma clara, independente da época do ano, menores temperatura do ar e maiores umidade relativa do ar são verificadas na estação CALDEIRAO, devido a esta estar localizada em uma área verde enquanto as demais estão inseridas na área urbana.

Ao compararmos os locais urbanos, tem-se que T no período noturno apresentou valores mais elevados no final do dia quando comparado com as horas anteriores ao nascer do sol, um efeito do resfriamento gradativo da superfície. Na CMM tem-se que o ar permanece mais aquecido do que as demais estações no período noturno, e com diferença em relação à área rural de até 3,2 °C, com a EST e IFAM apresentando valores semelhantes. No entanto, no início da noite em julho, a EST esteve ligeiramente mais aquecida do que a IFAM, o que pode ser atribuído às diferenças de cobertura da superfície nestes casos, resultado que está de acordo com os dados de UR sendo ligeiramente maior na IFAM.

No período diurno, em março, teve-se aumento gradual da temperatura em todas as estações, com as áreas urbanas apresentando valores de T próximos, resultado da disponibilidade de luz solar, com a EST atingindo valor máximo às 12 h (30,7 °C) e IFAM às 13 h (31,0 °C). Após isso estas iniciam resfriamento, com a IFAM apresentando-se mais aquecida até cerca de 19 h, o que pode ser explicado devido a esta estação estar instalada acima de uma edificação, enquanto que na EST a estação encontra-se sobre uma superfície coberta por grama. Materiais como telha e concreto demoram mais para esfriar do que a vegetação e assim fornecem calor por mais tempo para o ar, aquecendo-o. No caso da CMM o resfriamento é ainda mais lento, com a temperatura máxima tendo ocorrido às 15 h, quando atingiu em média 31,0 °C, apresentando-se mais aquecida que as demais áreas urbanas até por volta das 8 h da manhã, como já verificado anteriormente.

Em julho, também para o período diurno, tem-se um comportamento um pouco diferente do que foi verificado em março. Apesar das estações urbanas apresentarem T semelhantes entre 8 e 9 h, a partir deste horário as estações EST e IFAM apresentaram-se mais aquecidas que a CMM até por volta das 15 h, com a IFAM mais quente que a EST de 12 às 14 h. Este resultado está associado a um possível sombreamento do local onde encontra-se a estação CMM associado com o predomínio de ventos fracos, conforme verificado por Barbosa (2014), o que pode

ter contribuído para a ocorrência de menores valores de temperatura na CMM mesmo sendo um local com o mínimo de área verde entre os locais de estudo.

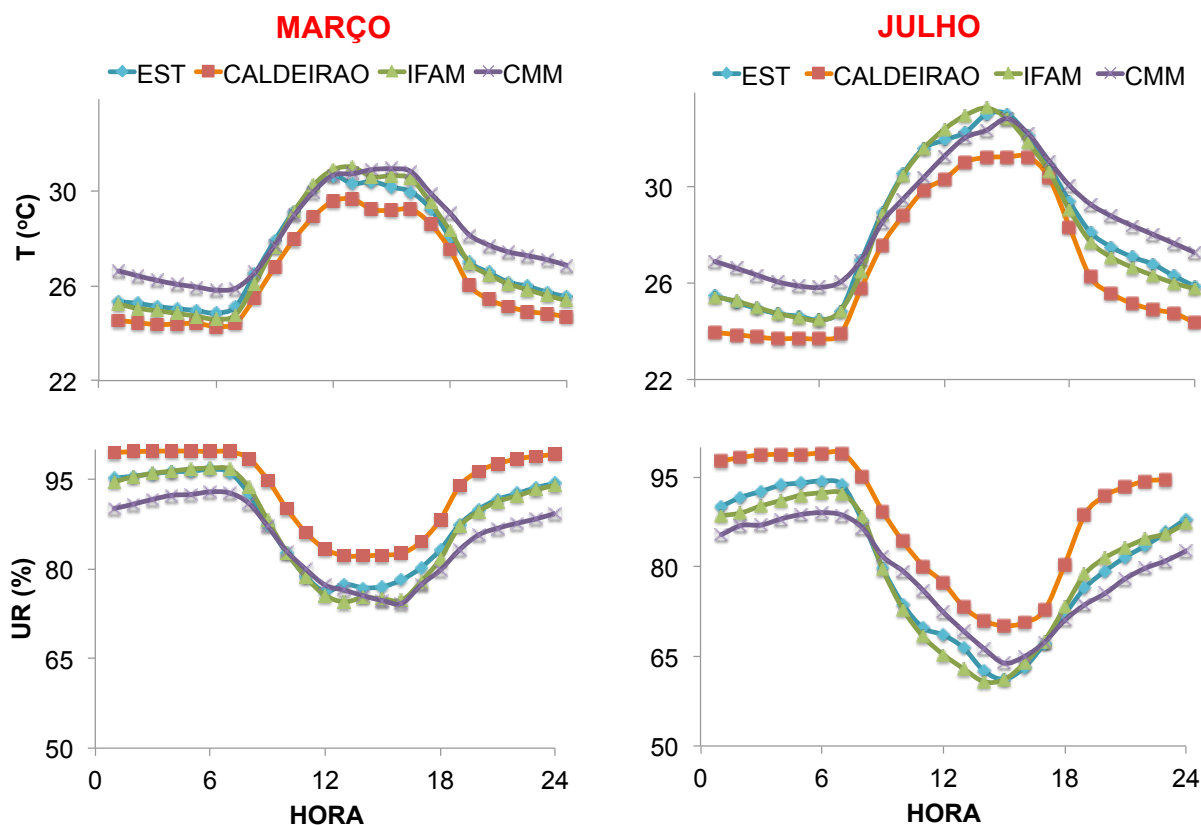


FIGURA 8. Ciclo diário médio da temperatura (superior) e umidade relativa do ar (inferior) para março (esquerda) e julho (direita) de 2018

Os resultados apresentados tanto em termos mensais, quanto diários e horários, concordaram entre si. Tem-se portanto uma influencia de cobertura da superfície para a variabilidade espacial das variáveis meteorológicas, e da distribuição temporal da precipitação para a variabilidade sazonal aqui apresentadas. No item subsequente teremos a análise do conforto térmico humano ao longo do ano, mês e dia, como resultado das condições meteorológicas verificadas em cada local.

5.3 Índice de Conforto Humano

O Índice de Conforto Humano médio mensal para 2018, nas quatro localidades de estudo, é apresentado na Figura 9. Foram observados valores variando de 37,4 e 44,1 °C, registrados nos meses dezembro e outubro, nas estações da EST e CMM, respectivamente. Verificou-se ainda um segundo pico no mês de março, compreendido no trimestre mais chuvoso da região, quando a média mensal do ICH foi 1,1 °C, 0,7 °C, 1,0 °C e 0,9 °C mais elevada em relação a fevereiro, para as estações EST, IFAM, CALDEIRAO e CMM, nessa ordem. Este resultado pode ser atribuído às condições de T e UR verificadas para este mês, como resultado da ocorrência de precipitação abaixo da climatologia da ordem de 100 mm nas estações CMM, EST e IFAM. No caso da CALDEIRAO, apesar da precipitação ter sido até superior à climatologia, em 20 mm, o número de dias com chuva foi o mesmo da CMM (Tabela 1) e por isso também apresentou um aumento do ICH.

Entre os locais urbanos, tem-se que o ICH foi superior na CMM em todos os meses, com valores variando em média entre 39,1 e 44,1 °C, verificados em dezembro e outubro, respectivamente, seguindo o mesmo padrão da temperatura do ar, e superando esta em 11,9 e 12,8 °C para os referidos meses. Para as outras duas estações da área urbana, os valores mínimos e máximos também ocorreram nos mesmos meses da CMM com variação de 37,4 a 41,4 °C (EST) e de 38,1 a 42,5 °C (IFAM). Em dezembro, o ICH foi 11,0 °C maior que a temperatura do ar na EST, e 11,8 °C na IFAM, enquanto que outubro, a diferença entre ICH e T foi 11,3 °C (EST) e 12,8 °C (IFAM). No caso da CALDEIRAO, não haviam dados disponíveis para estes meses, no entanto foi possível verificar que de janeiro a julho o ICH foi menor que as demais estações, padrão atribuído aos menores valores de T neste local.

De acordo com os critérios de classificação referente à metodologia adotada, o ICH apresentou condições de “grau de conforto variando” (ICH menor que 40,0 °C) de janeiro a julho, e em dezembro, para as estações EST, CALDEIRAO e IFAM, enquanto que nos outros meses, esteve na classificação de “Desconforto suportável” (ICH maior que 40,0 °C e menor que 46,0 °C). Por outro lado, na estação CMM, o ICH manteve-se com valores acima do limiar de 40,0 °C em março, e de junho a novembro. Estes resultados indicam que no primeiro semestre do ano em

Manaus, as estações EST, IFAM e CALDEIRAO são predominantemente mais confortáveis, e nos meses de agosto a novembro tem-se condições de “desconforto suportável” para as três estações urbanas, com uma diferença significativa entre EST e IFAM. Embora tenha-se valores médios mensais de T semelhantes para estas estações, a UR variou entre estes locais, conforme apresentado na Figura 5, com a IFAM mais úmida que a EST. Consequentemente, teve-se um maior desconforto térmico neste local.

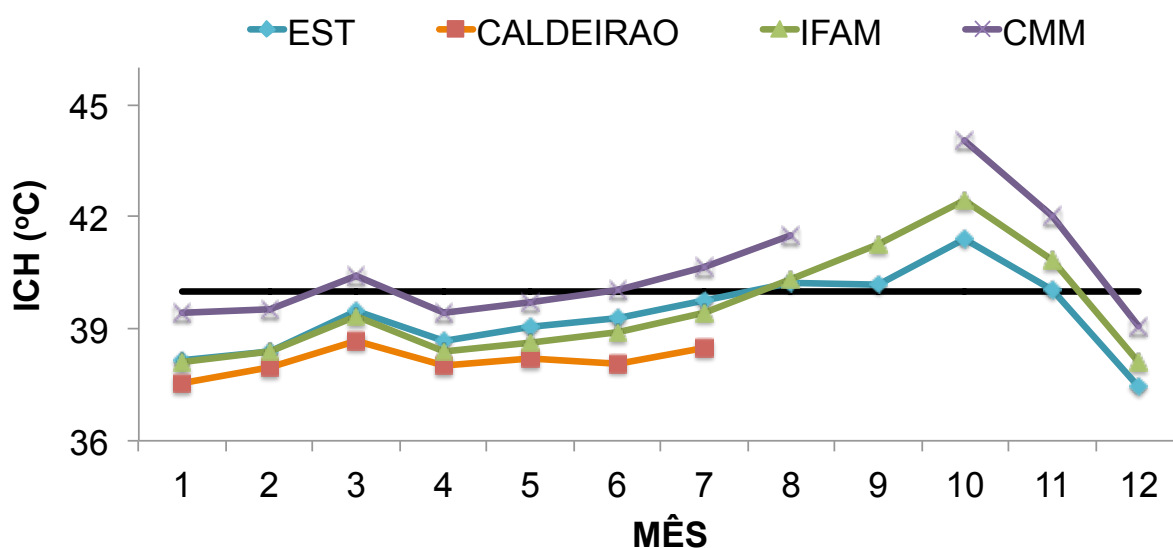


FIGURA 9. Índice de Conforto Humano médio mensal para 2018, nas estações EST, CALDEIRAO, IFAM e CMM. A linha preta contínua representa o limiar de 40,0 °C do ICH limitando as classificações de “Grau de Conforto Variando” e “Desconforto Suportável”.

Fazendo-se a análise de ICH para meses representativos dos períodos mais e menos chuvosos da região de estudo (Figura 10), foi verificado que em março o ICH médio diário apresentou valores variando de 35,9 a 41,8 °C (EST), 35,7 a 40,9 °C (CALDEIRAO), 35,4 a 41,6 °C (IFAM), e 36,3 a 43,4 °C (CMM). Os maiores valores de ICH ocorreram nos dias 1 e 2 devido à ausência de chuva nestes dias, o que gerou elevada T e menor UR, resultando em ICH de 12,0 a 13,0 °C acima da temperatura do ar, para os quatro locais. Entre os dias 16 e 18 deste mês foram verificados os menores valores, cerca de 11,0 °C acima da temperatura do ar, dias nos quais a precipitação acumulada representou de 32 a 41 % dos acumulados mensais registrados nas estações. Estes resultados indicaram valores de ICH variando entre as classes de “grau de conforto variando” a “desconforto suportável”,

com uma marcante variabilidade entre os dias, associada com o padrão de chuva diário que foi observado.

Resultados semelhantes foram observados em julho. Teve-se uma variabilidade marcante entre os dias também associados com a precipitação registrada: 36,1 a 41,5 °C (EST); 35,3 a 39,8 °C (CALDEIRAO); 35,2 a 41,3 °C (IFAM); e 36,8 a 42,9 °C (CMM). Estes valores são próximos aos verificados em março apesar de diferentes acumulados de precipitação entre os meses, porém foi mantido o mesmo padrão, com o CMM apresentando valores maiores de ICH e CALDEIRAO menores. Este resultado pode ser explicado pelo fato de que, em julho apesar de T ser mais elevada a UR é menor do que em março, contribuindo para estes dois meses apresentassem valores semelhantes de ICH sendo que em julho este superou T de 10,5 a 12,4 °C. No dia 11 foram registrados os menores índices de conforto térmico, 11,0 °C superior a T, devido à chuva registrada no dia anterior, conforme resultado apresentado na Figura 7.

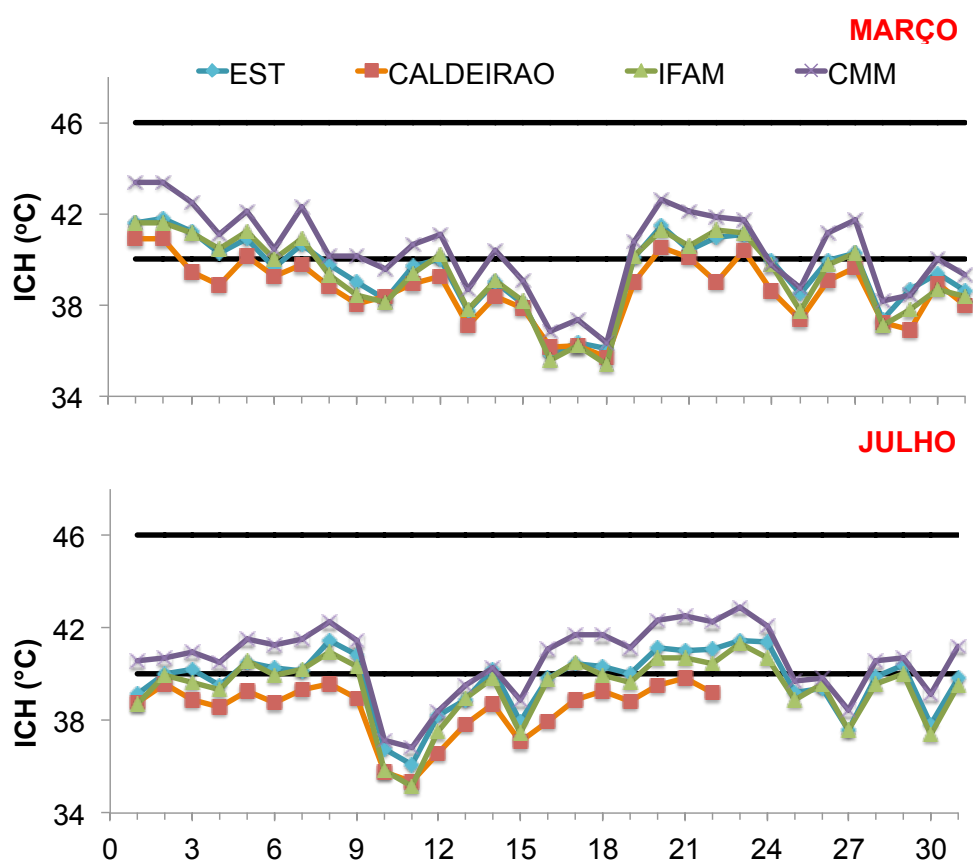


FIGURA 10. Índice de Conforto Humano médio diário para março (superior) e julho (inferior) de 2018, nas estações EST, CALDEIRAO, IFAM e CMM. As linhas pretas contínuas representam o limiar de 40 °C e 46 °C do ICH limitando as classificações de “Grau de Conforto Variando”, “Desconforto Suportável” e “Desconforto Insuportável”.

Devido aos elevados valores de ICH para outubro, verificados na Figura 9, também foi feita uma análise semelhante à Figura 10 para este mês, embora não dispúnhamos de dados de ICH para a estação CALDEIRAO. Diferente do que foi verificado em março e julho, o ICH foi predominantemente entre 40,0 e 46,0 °C, com o maior valor verificado no dia 18, quando foi 13,8 °C acima de T. Nos dias 11, 12, 19 e 20, o ICH foi abaixo de 40,0 °C na EST e IFAM, o que esteve associado com a ocorrência de precipitação nos locais nos dias 11 e 19. Observou-se ainda que neste mês as curvas de ICH apresentaram o mesmo padrão durante todo o mês, com a CMM sendo mais desconfortável e a EST mais confortável, e a IFAM estando em uma posição intermediária.

Assim como observado para março e julho, o ICH esteve associado com os dados de T, UR e Prec observados neste mês. De acordo com a Tabela 2, tem-se que a precipitação diária máxima não ultrapassou 15,2 mm, 21,2 mm e 25,4 mm na CMM, IFAM e EST, respectivamente. A temperatura do ar média diária variou 4,7 °C (EST), 5,5 °C (IFAM) e 5,7 °C (CMM), com valores mais elevados na CMM. Da mesma forma que foi verificado para julho, a UR se mostrou ligeiramente elevada na IFAM devido às possíveis razões já apresentadas. Como resultado destas condições das variáveis meteorológicas, o ICH foi superior à T em até 13,8 °C (CMM), 1,4 °C a mais do que foi verificado neste mesmo local em julho, e 0,8 °C em março.

TABELA 2. Precipitação máxima diária, T e UR máximas e mínimas, e diferença entre ICH e T, para o mês de outubro de 2018.

		EST	IFAM	CMM
PREC máx (mm)		25,4	21,2	15,2
T (°C)	máx	31,8	32,5	33,6
	mín	27,1	27,0	27,9
UR (%)	máx	85,4	89,7	86,4
	mín	61,4	62,5	60,2
ICH – T (°C)	máx	12,2	13,2	13,8
	mín	10,2	11,0	11,6

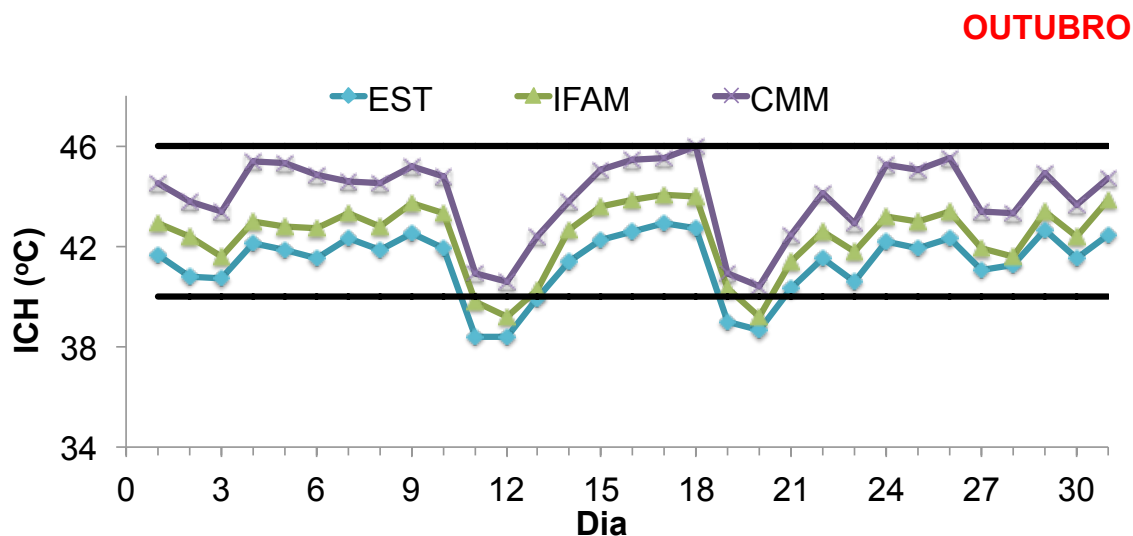


FIGURA 11. Índice de Conforto Humano médio diário para outubro de 2018, nas estações EST, IFAM e CMM. As linhas pretas contínuas representam o limiar de 40,0 °C e 46,0 °C do ICH limitando as classificações de “Grau de Conforto Variando”, “Desconforto Suportável” e “Desconforto Insuportável”.

De acordo com os ciclos diários médios de ICH para março e julho, apresentados na Figura 12, tem-se predomínio de condições na escala de “desconforto suportável” durante o dia, com valores de até 44,1 e 45,3 °C, nessa ordem, e “grau de conforto variando” à noite, quando foi no mínimo 35,5 e 34,1 °C. Padrão semelhante pode ser verificado entre estes meses, com a CMM sendo mais desconfortável e a CALDEIRAO mais confortável termicamente, em termos gerais. No entanto tem-se que alguns aspectos ainda podem ser observados. Em março, no início do período diurno todas as estações apresentaram semelhantes graus de conforto e a partir das 13 h teve-se um decréscimo do ICH, sendo mais lento no CMM, como resultado do maior aquecimento neste local.

Em julho o resfriamento da CALDEIRAO se dá também a partir das 13 h porém na EST e IFAM ocorre a partir das 14 h e na CMM a partir das 15 h. Comparando-se ICH com T, tem-se que a CALDEIRAO apesar de apresentar menores valores de ICH e T, a diferença entre estes foi maior durante a maioria do período diurno em março (até 13,6 °C), e em alguns horários em julho (até 13,1 °C). Este resultado indica que a UR maior neste local contribui para que a temperatura sentida pelo corpo humano seja mais pronunciada do que a temperatura do ar, quando comparado com os demais locais.

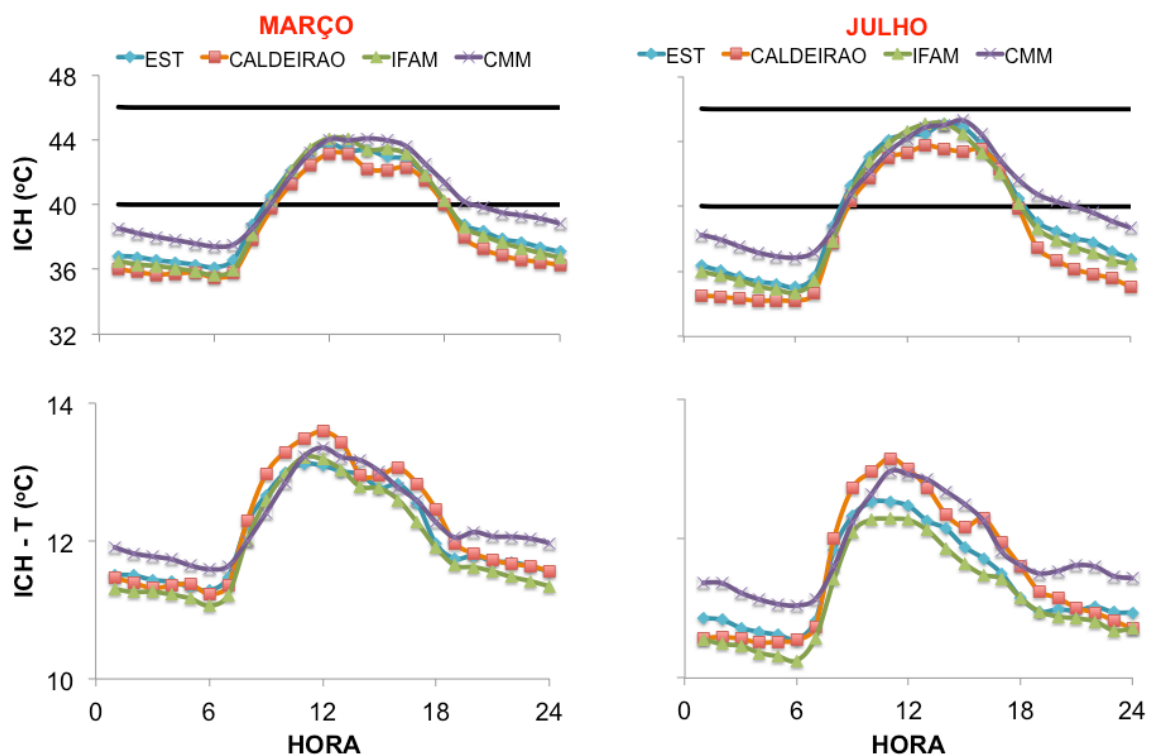


FIGURA 12. Ciclo diário médio do Índice de Conforto Humano (superior) e da diferença entre ICH e T (inferior) para março (esquerda) e julho (direita) de 2018, nas estações EST, CALDEIRAO, IFAM e CMM. As linhas pretas contínuas representam o limiar de 40,0 °C e 46,0 °C do ICH limitando as classificações de “Grau de Conforto Variando”, “Desconforto Suportável” e “Desconforto Insuportável”.

Fazendo-se a mesma análise para outubro, tem-se na Figura 13 que EST e IFAM apresentaram valores de até 36,7 e 37,2 °C no período noturno enquanto que para a CMM valores abaixo de 40,0 °C só foram verificados de 5 às 7 h da manhã. Para o período diurno, apenas a EST não ultrapassou o limiar de 46,0 °C, apresentando-se mais confortável do que as demais. Os valores semelhantes de ICH verificados até por volta do meio dia na IFAM e CMM foram resultados de semelhantes valores de T entre estes locais. A partir disso, o ICH passou a decrescer na IFAM enquanto na CMM permaneceu da ordem de 48,6 °C das 13 às 16 h. Os elevados valores de ICH na CMM apresentaram maior diferença em relação a T, de até 14,0 °C, enquanto que para a EST e IFAM, o ICH superou T em até 11,9 e 13,1 °C, nesta ordem.

OUTUBRO

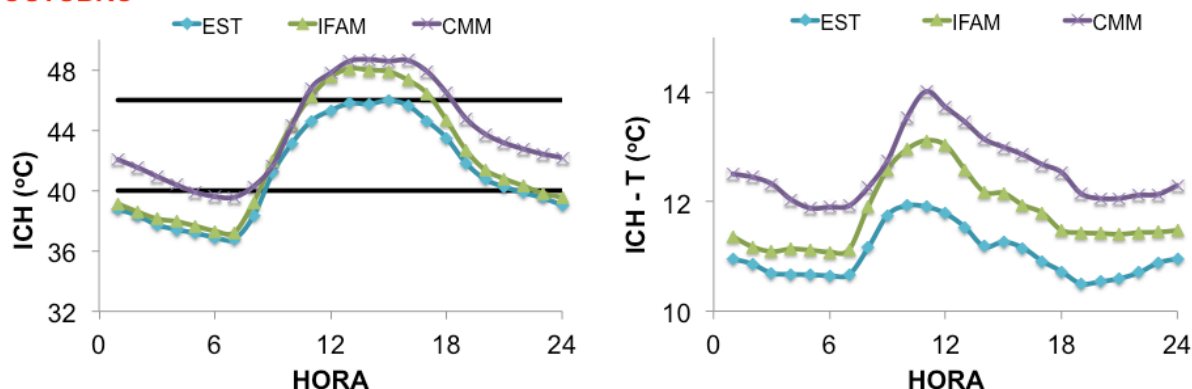


FIGURA 13. Ciclo diário médio do Índice de Conforto Humano para outubro de 2018, nas estações EST, IFAM e CMM. As linhas pretas contínuas representam o limiar de 40,0 °C e 46,0 °C do ICH limitando as classificações de “Grau de Conforto Variando”, “Desconforto Suportável” e “Desconforto Insuportável”.

5.4 Índice de Desconforto Térmico

O Índice de Desconforto Térmico calculado conforme metodologia descrita no item 4.2 é apresentado na Figura 14. O comportamento do IDT é similar ao verificado para o ICH, porém com valores inferiores. O mínimo e máximo do IDT para cada estação foi de 25,5 e 27,6 °C para a EST, 25,4 e 26,0 °C para a CALDEIRAO, 25,8 e 28,0 °C para a IFAM, e 26,3 e 28,7 °C para a CMM. Estes valores são inferiores à temperatura média mensal para todas as estações, indicando uma incompatibilidade desta metodologia para o caso dos dados utilizados neste estudo.

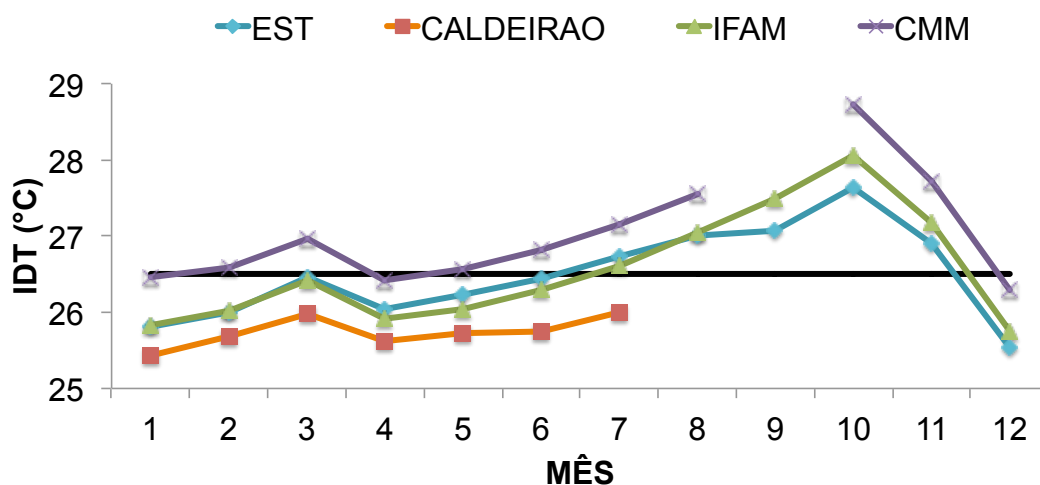


FIGURA 14. Índice de Desconforto Térmico médio mensal para 2018 nas estações EST, CALDEIRAO, IFAM e CMM. A linha preta contínua representa o limiar de 26,5 °C do IDT limitando as classificações de “Parcialmente Confortável” e “Muito Desconfortável”.

Apesar de ter sido desenvolvida para aplicação durante o verão, em latitudes médias, estudos de IDT realizados em diferentes cidades do Brasil apresentam valores coerentes, possivelmente à diferentes condições de UR visto que esta apesar de ser menor no período menos chuvoso de Manaus, ainda é um valor que supera as condições registradas nas demais regiões do país. Diante disso, este índice foi desconsiderado para análises mais detalhadas assim como realizado para o ICH.

5.5 Comparativo 2015 x 2018

Diante dos resultados até aqui apresentados tem-se que no segundo semestre do ano é quando predomina o maior desconforto térmico para os locais analisados, associados aos elevados valores T. No entanto, a substituição de área verde por concreto, asfalto, etc, faz com que este efeito seja potencializado. Além disso, este é o período do ano quando se tem o estabelecimento de condições de El Niño e La Niña e por isso será feita uma análise, no item a seguir, de como o El Niño intenso de 2015/2016 influenciou no conforto térmico em Manaus para a CMM onde tem-se os maiores valores observados de ICH dentre os três locais urbanos analisados neste estudo.

Na Figura 16, tem-se o ciclo diário médio mensal da temperatura do ar e o índice de conforto humano para os meses de julho, outubro, novembro e dezembro de 2015 e 2018, meses com dados disponíveis para a CMM para os dois anos. Em julho, observou-se que as curvas de T e ICH entre 2015 e 2018 foram próximas, assim como verificados para os valores médios mensais apresentados na Tabela 3, com os valores mais elevados de ICH mantendo-se acima do limiar de 40,0 °C e abaixo de 46,0 °C, no período de 10 às 21 h. Para este mês, a diferença de precipitação entre os anos foi de apenas 3,6 mm, e entre T foi de 0,9 °C, e de 0,6 °C para ICH, ambos registrados às 11 h.

Em outubro, T e ICH foram superiores a julho sem diferenças significativas entre os ciclos diários médios de T para 2015 e 2018. A diferença de temperatura durante o dia e entre os anos não ultrapassou 0,9 °C, verificado às 10 h, e com 2018 sendo mais quente. No caso do ICH, os valores mais elevados ultrapassaram o limiar de 46,0 °C, a partir do qual tem-se desconforto insuportável, com maiores valores em 2018, quando superou 2015 em até 2,3 °C. Esta diferença pode estar

associada à diferença de precipitação para este mês entre os anos, que foi de 49,0 mm em 2015 e 37,8 mm em 2018, com dois dias a mais com chuva em 2015 (Tabela 3).

TABELA 3. Valores médios mensais da temperatura (T), do índice de conforto humano (ICH), acumulado de precipitação (PREC) e número de dias com chuva para cada mês.

	2015				2018			
	JUL	OUT	NOV	DEZ	JUL	OUT	NOV	DEZ
T méd (°C)	28,9	31,3	30,2	29,8	28,7	31,2	29,2	27,1
ICH méd (°C)	40,7	43,1	42,3	42,1	40,6	43,9	45,7	39,0
PREC	42,0	49,0	111,4	112,2	38,4	37,8	107,0	254,0
Nº dias com chuva	11	8	14	18	8	6	11	28

No caso de novembro, embora observada uma diferença de apenas 1,0 °C para T médio mensal entre os anos, os valores horários em 2015 foram superiores a 2018 em até 1,6 °C, com precipitação semelhante entre os anos, mas um maior número de dias com chuva em 2015. Este padrão não foi verificado para ICH, superior em 2015 apenas a partir das 13 h, com valores mais elevados abaixo do limiar de 46,0 °C. Embora tenha-se diferentes temperaturas em novembro, maior em 2015, a ocorrência de precipitação semelhante entre os anos, resultou em ICH relativamente próximos.

Dezembro foi o mês com maior diferença entre os anos analisados, indicando uma maior influência do El Niño nas condições de tempo registradas em Manaus. A temperatura média mensal foi 29,8 °C em 2015 e 27,1 °C em 2018, resultado da diferença de precipitação entre os anos, consideravelmente abaixo da climatologia em 2015, distribuída em apenas 18 dos 31 dias do mês. Em termos de valores horários médios a diferença entre os anos foi de até 4,0 °C. Como resultado do comportamento de T, o ICH alcançou valores máximos de 45,8 °C em 2015, e 42,6 °C, em 2018.

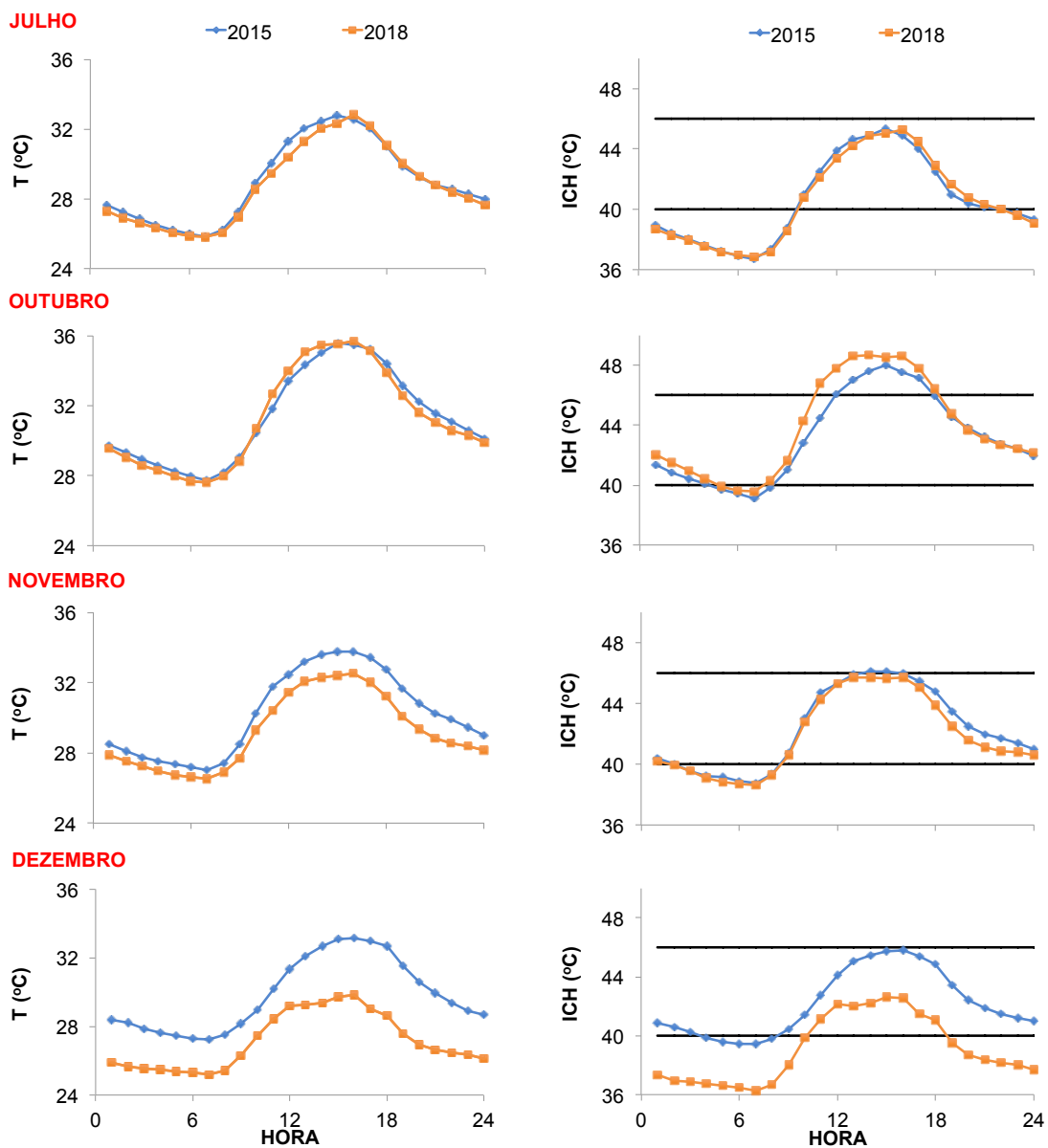


FIGURA 15. Ciclos diários médios da Temperatura do ar (T) e do Índice de Conforto Humano (ICH) para a estação CMM, em julho, outubro, novembro e dezembro de 2015 (azul) e 2018 (laranja). As linhas pretas contínuas representam o limiar de 40,0 °C e 46,0 °C do ICH limitando as classificações de “Grau de Conforto Variando”, “Desconforto Suportável” e “Desconforto Insuportável”.

Dessa forma, pode-se dizer que a ocorrência de eventos de El Niño, agrava o desconforto térmico em Manaus principalmente em dezembro, quando atinge sua fase mais intensa. Este é o resultado do aumento da temperatura do ar devido à redução considerável da precipitação nessa região.

6. CONCLUSÃO

Os resultados aqui apresentados nos permitem concluir que o conforto térmico em Manaus é uma combinação de ações antrópicas, sazonalidade da precipitação e variabilidade natural do clima.

Locais com predominância de vegetação são mais confortáveis do que aqueles onde as áreas verdes foram substituídas parcialmente ou quase em toda a sua totalidade por materiais de maior capacidade térmica, como o asfalto, concreto, telhados etc.. Este efeito foi mais acentuado na estação CMM, localizada na zona sul da cidade, a qual possui menos áreas verdes em relação aos demais locais de estudo.

A variabilidade sazonal da precipitação em 2018 resultou em condições de conforto variando entre “grau de conforto variando” e “desconforto insuportável”, com valores mais elevados observados em outubro deste ano, quando o ICH superou 46,0 °C na CMM.

A ocorrência de eventos de El Niño e La Niña influenciaram diretamente no ICH em Manaus. Condições mais confortáveis foram verificadas em dezembro de 2018, quando a precipitação foi acima da climatologia devido à ocorrência do evento La Niña (2018/2019) de intensidade moderada. Por outro lado, o El Niño intenso de 2015/2016 resultou em precipitação no mês de dezembro de apenas 44% do verificado em 2018 e de 51% da climatologia mensal. Como consequência, o ICH foi de até 4,0 °C maior em 2015, neste mês.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, S. R. Humidex calculation. Atmospheric Environment Service of Canada. Toronto, pp 24-65, 1965.

ANDREOLI, R. V. et al. A. Seasonal anomalous rainfall in the central and eastern Amazon and associated anomalous oceanic and atmospheric patterns. *International Journal of Climatology*, v. 32, p. 1193-1205, 2012. (Acesso: maio/2019)

ARYA, S. P. Introduction to Micrometeorology. International Geophysics Series Academic Press, 2001. (Acesso: Abril/2019).

BALTAR, M. G. Redução da demanda de energia elétrica utilizando parâmetros construtivos visando ao Conforto Térmico. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. (Acesso: abril/2019)

BARBOSA, P. H. D. et al. Variabilidade de elementos meteorológicos e de conforto térmico em diferentes ambientes na Amazônica Brasileira. *Revista Brasileira de Climatologia*, ISSN: 1980-055x. Ano 11, Vol. 17, 2015. (Acesso: maio/2019)

BARBOSA, R. G. Caracterização da distribuição espacial do vento e da precipitação em Manaus. 2014. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Bacharel em Meteorologia, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Amazonas. 2014. (Acesso: maio/2019)

CAMPOS, N. T.; BRITO NETO, H. M.; TOLEDO FILHO, M. R. Avaliação do conforto térmico para Maceió-AL. In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2010, Belém. Anais do XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém: SBMET, 2010. (Acesso: Abril/2019)

CAVALCANTE, F. M. S. et al. Análise do índice de calor e desconforto térmico na cidade de Caicó – RN. In: II Congresso Internacional da diversidade do Semiárido (CONIDIS), 2017, Campo Grande. Anais do II Congresso Internacional da diversidade do Semiárido, Campo Grande: Editora Realize, 2017. (Acesso: maio/2019)

CHAVES, D. C.; OLIVEIRA, M. B. L. Análise do índice de calor na área urbana e periférica de Manaus. In: XX Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2018, Maceió. Anais do XX Congresso Brasileiro de Meteorologia, Maceió: CBMET, 2018. (Acesso: maio/2019)

CORREA, P. B. et al. Estudo 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, 167-176, 2016. (Acesso: Maio/2019)

DECRETO LEI 5452, DE 1º DE MAIO DE 1943, SEÇÃO III, ART 165. (Acesso: Abril/2019)

FRANÇA, M. S. et al. Estimativas de índice de conforto térmico na cidade de Cuiabá/MT. CAMINHOS DE GEOGRAFIA, Uberlândia, 2015 (Acesso: fevereiro/2019)

GALVÃO, L. Análise do conforto urbano de espaços públicos na cidade de Manaus. In: V Seminário internacional em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, 2018, Manaus. Anais do V Seminário Internacional em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, Manaus: EDUA, 2018. (Acesso: abril/2019)

GONÇALVES, A.; CAMARGO, L. S.; SOARES, P. F. Influência da vegetação no conforto térmico urbano: Estudo de caso na cidade de Maringá – Paraná. In: Anais do III Seminário de Pós-Graduação em Engenharia Urbana –Simpgeu. Paraná, novembro de 2012. (Acesso: março/2019)

IKEFUTI, P.; AMORIM, M. O conforto e o desconforto térmico em pontos com diferentes padrões de construção em Presidente Prudente/SP. Geografia, Ensino & Pesquisa, Vol. 22 (2018), e15, p. 01-08 (Acesso: março/2019)

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente com data de referência 1o de julho de 2017. Manaus, 2017 Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. (Acesso: março/2019)

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. INMET, Boletim climático para Manaus (1961-1990), 2008. (Acesso: abril/2019)

LAMBERTS, R; XAVIER, A. A de P. Conforto Térmico e stress térmico. Laboratório de eficiência energética em edificações, 2013. Disponível em: <http://dec.ufms.br/lade/docs/cft/ap-labeee.pdf>. (Acesso: março/2019)

L'HEUREUX, M. L. *Observing and Predicting the 2015/16 El Niño*. NOAA/NWS/NCEP/Climate Prediction Center, College Park, Maryland, 2017 (Acesso: maio/2019)

LIMBERGER, L.; SILVA, M. E. S. Precipitação na bacia amazônica e sua associação à variabilidade da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico: uma revisão. *Geosp – Espaço e Tempo (Online)*, v. 20, n. 3, p. 657-675. 2016. ISSN 2179-0892. (Acesso: maio/2019)

LOUREIRO, K. C. G. Análise de desempenho térmico e consumo de energia de residências na cidade de Manaus. Dissertação de Pós-Graduação de Engenharia Civil, Florianópolis: UFSC, 2003. (Acesso: Abril/2019)

MANDU, T. B.; ALFAIA, V. M.; GOMES, A. C. S. Análise da tendência no índice de calor (IC) em Manaus-AM no período de 1986 a 2017. In: V Seminário Internacional em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, 2018, Manaus. Anais do V Seminário Internacional em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, Manaus: EDUA, 2018. (Acesso: Maio/2019)

MARENGO, J. A. Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin. *Theoretical and Applied Climatology*, n.78, p.79-96, 2004. (Acesso: abril/2019)

NOBRE, C. A., OLIVEIRA, A. Precipitation and circulation anomalies in south america and the 1982-83 El Niño/Southern Oscillation episode. In: Anon (ed.). *Conference of Geophysical Fluid Dynamics with special emphasis on "El Niño"*. Ministério da Ciência e Tecnologia e Centro Latino-americano de Física. São José dos Campos, p. 325-328, 1987. (Acesso: maio/2019)

NÓBREGA, R. S.; LEMOS, T. V. S. O microclima e o (des) conforto térmico em ambientes abertos na cidade de Recife. *Revista de Geografia (UFPE)* , Recife, v. 28, n. 1, p. 93-109, 2011. (Acesso: Abril/2019)

NOGUEIRA, A. C. F.; SANSON, F.; PESSOA, K. A expansão urbana e demográfica da cidade de Manaus e seus impactos ambientais. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis. *Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis: SBSR 2007*. (Acesso: maio/2019)

OLIVEIRA, F. M. et al. Determinação da variação no microclima de Manaus-AM por atividades antropogênicas e modulações climáticas naturais. *Acta Amazônica*, v. 38(4), p. 687 – 700, 2008. (Acesso: maio/2019)

PEREIRA, V. C. et al. Estimativa do Índice de Desconforto Térmico em Planaltina – DF. In: XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2015, Lavras. *Anais do XIX*

Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Lavras: SBEA, 2015. (Acesso: março/2019)

SILVA, D.A. A influência das áreas verdes no clima da cidade de Manaus. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas, 2009, 293 p. (Acesso: Maio/2019)

SILVA, Daniel Araújo. A função da precipitação no conforto do clima urbano da cidade de Manaus. REVISTA GEONORTE, Edição Especial 2, V.2, N.5, p.22 – 40, 2012. (Acesso: fev/2019)

SIMAS, M. V. G.; OLIVEIRA, M. B. L.; SOUZA, R. V. A., Análise da precipitação registrada em Manaus com a ocorrência de eventos de El Niño e La Niña. In: XX Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2018, Maceió. Anais do XX Congresso Brasileiro de Meteorologia, Maceió: CBMET, 2018. p. 1992-1997. (Acesso: maio/2019)

SIPLE, P.A.; PASSEL, C.F. Measurements of dry atmosphere cooling in subfreezing temperatures. American Philosophy Society, 1945, 89, p.77-199. (Acesso: Abril/2019)

SOUZA, A. et al. Um estudo de conforto e desconforto térmico para o Mato Grosso do Sul. REA – Revista de estudos ambientais (Online) v.12, n. 2, p. 15-25, jul./dez. 2010. (Acesso: março/2019)

STEADMAN, R.G. The assessment of sultriness: part I: A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. *J. Appl. Meteor.*, 18: 861-884, 1979. (Acesso: Abril/2019)

THOM, E. C. The Discomfort Index, *Weatherwise*, 12:2, 57-61, 1959. (Acesso: Abril/2019)

VILHENA, F. S. et al. Análise preliminar das alterações do clima no bairro parque dez de novembro nos últimos três anos. *Revista científica do centro de estudos superiores de Parintins*, 2016. (Acesso: abril/2019)

VITAL, L. A. B.; MOREIRA, E. B. M.; NÓBREGA, R. S. Estimativa de Índice de desconforto humano em um transecto no município de Olinda/PE. *REVISTA GEONORTE*, Edição Especial 2, V.2, N.5, p.761– 772 , 2012. (Acesso: maio/2019)