

## ILHAS DE CALOR NA CIDADE DE MANAUS: UM ESTUDO OBSERVACIONAL E DE MODELAGEM NUMÉRICA

## ILHAS DE CALOR NA CIDADE DE MANAUS: UM ESTUDO OBSERVACIONAL E DE MODELAGEM NUMÉRICA

Liviany Pereira Viana<sup>1</sup>; Francis Wagner Silva Correia<sup>1</sup>; Rodrigo Augusto Ferreira de Souza<sup>1</sup>,  
Maria Eliane Ramos Ferreira de Souza<sup>2</sup>  
Universidade do Estado do Amazonas (UEA)  
Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMMAS)  
liviany.meteoro@gmail.com; fcorreia@uea.edu.br; souzaraf@gmail.com;  
maria.souza@pmm.am.gov.br

Eixo Temático 04 – O clima das cidades

**RESUMO:** O presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo observacional e de modelagem numérica para identificar e quantificar o fenômeno de Ilha de Calor Urbana (ICU) na cidade de Manaus. Utilizaram-se dados de temperatura média da superfície estimada pelo satélite ambiental AQUA para os meses de agosto e setembro de 2010, medidas de temperatura do ar e da superfície e também de umidade relativa em áreas urbana e rural, para período de Maio/2010 a Abril/2011, coletadas em estações meteorológicas de superfície e também simulações numéricas realizadas pelo modelo climático BRAMS. Os resultados mostram que os bairros com temperaturas da superfície mais elevadas são: Cidade Nova, São José Operário, Zumbi dos Palmares, Japiim, Petrópolis, São Francisco, Nossa Senhora das Graças, Cachoeirinha e Centro. Utilizando medidas de temperatura do ar identificou-se a formação do fenômeno de ilha de calor urbana em Manaus com valores mais intensos no período noturno (2,5°C) do que durante o dia (1,6°C) e também a presença de dois máximos nos horários de 7 h e 20 h. De forma contrária, utilizando medidas de temperatura da superfície, a intensidade da ilha de calor urbana é maior no período diurno (10,0°C) do que durante a noite (7,2°C). O aquecimento do ar acima da superfície decorrente da perda de radiação termal emergente, os fluxos de energia antropogênicos resultantes de processos industriais, como queima de biomassa, e a presença de veículos automotores no horário de intenso movimento urbano contribuem para o surgimento da ilha de calor urbana. Os resultados das simulações numéricas denotam que o modelo climático BRAMS apresenta um bom desempenho na representação do comportamento da temperatura do ar e umidade relativa, com destaque à área urbana. Destaca-se a importância da implantação de políticas públicas de planejamento urbano organizado e medidas genéricas para mitigação do fenômeno de ilha de calor urbana em Manaus.

**ABSTRACT:** This study aims to perform an observational and numerical modeling to identify and quantify the phenomenon of Urban Heat Island (UHI) in Manaus. We used partial analyzes obtained through the field of spatial average surface temperature estimated by satellite for the months of August and September 2010, measures air temperature and surface relative humidity and also in urban and rural areas for May 2010 to April 2011 and numerical simulations performed by BRAMS. The results showed that neighborhoods where temperatures are highest were: New City, St. Joseph the Worker, Zumbi dos Palmares, Japiim, Petrópolis, San Francisco, Our Lady of Grace, and Cachoeirinha Center. With measurements of air temperature identified the formation of the phenomenon of urban heat island with values more intense during nighttime (2.5 °C) than during the day (1.6 °C) and also the presence of two maxima at the times 7 h and 20 h. Conversely, using measurements of surface temperature, the intensity of the urban heat island is higher during the day (10.0 °C) than at night (7.2 °C). The warm air above the surface due to the loss of thermal radiation emerging energy flows resulting from anthropogenic industrial processes such as biomass burning, and the presence of vehicles on time of intense urban movement contribute to the emergence of the urban heat island. The results of numerical simulations denote the BRAMS performed well in representing the behavior of the air temperature and relative humidity, especially to the urban area. The study highlights the

## **ILHAS DE CALOR NA CIDADE DE MANAUS: UM ESTUDO OBSERVACIONAL E DE MODELAGEM NUMÉRICA**

importance of implementing public policy and urban planning organized generic measures to mitigate the phenomenon of urban heat island in Manaus.

### **1.Introdução**

Uma das consequências geradas pelo processo de ocupação e desenvolvimento nas grandes metrópoles é o fenômeno denominado Ilha de Calor Urbana (ICU). O processo de urbanização produz mudanças significativas nas propriedades da superfície e da atmosfera de uma região, como mudanças nos balanços de radiação e energia, criando assim um novo clima, o qual é designado clima urbano, que pode ser entendido como uma perturbação local do clima regional (Oke et al., 1999). Um claro indicador dos efeitos no clima local em área urbana é a formação das chamadas ilhas de calor urbanas. O termo ICU é definido, por Arya (2001), como o aumento das temperaturas da superfície e do ar sobre uma área urbana, em relação às áreas rurais ou suburbanas vizinhas. A intensidade do fenômeno ICU depende de muitos fatores, dentre eles: (1) efeitos mecânicos produzidos pelo atrito causado pelas construções (agindo assim como sumidouro de momento) e aumento na transferência de energia de grandes para pequenos vórtices (transformação de energia cinética média em energia cinética turbulenta); (2) efeitos térmicos induzidos pela diferença de temperatura das construções, efeito sombra, desvio da radiação incidente nas ruas e redução nos fluxos de calor latente, o que leva às alterações nos fluxos de calor sensível para a atmosfera. Vários estudos, observacionais e de modelagem numérica, têm sido realizados para avaliar o fenômeno de Ilha de Calor Urbana utilizando cinco diferentes abordagens: (1) Estações de superfície (Souza, 2012), (2) Transectos móveis (Stewart, 2000), (3) Sensoriamento remoto (Gorsevski et al., 1998), (4) Balanços de energia, (Oke et al., 1999), (5) Simulações de cânions e conforto (Georgakis, 2002) e (6) Simulações regionais (Freitas et al., 2007). Souza (2012) observou que com o crescimento da área urbana há uma elevação na temperatura do ar, queda na umidade relativa e conteúdo de água na atmosfera, modificações no escoamento em superfície e nas características da camada limite planetária. A cidade de Manaus, localizada na região central da maior floresta tropical do mundo - a floresta amazônica se caracterizou pela intensa expansão urbana e populacional no século XIX e início do século XX. As modificações sucedidas principalmente na superfície do solo, devido a grande expansão de ocupação populacional na cidade de Manaus e substituição das florestas por material de concreto, alteraram o meio ambiente urbano. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo observacional e de modelagem numérica para identificar e quantificar o fenômeno de Ilha de Calor Urbana (ICU) na cidade de Manaus utilizando informações remotas de temperatura da superfície estimada por satélite ambiental, medidas meteorológicas em áreas urbana e rural, assim como, a modelagem numérica de alta resolução espacial e mapas de cobertura e uso da terra para a área urbana de Manaus.

# ILHAS DE CALOR NA CIDADE DE MANAUS: UM ESTUDO OBSERVACIONAL E DE MODELAGEM NUMÉRICA

## 2. Materiais e Método

### 2.1.1 Satélites Ambientais

A aquisição, seleção e organização das estimativas de temperatura da superfície para os meses de agosto e setembro de 2010 foram realizadas pelo satélite ambiental AQUA, cujo horário aproximado de passagem sobre a cidade de Manaus ocorre pela 13:30 h (Hora Local). Além disso, utilizou-se programas científicos (linguagem de programação) que fazem a navegação nas imagens de satélites para selecionar (recortar) a região de estudo. Com a finalidade de melhorar ainda mais a identificação dos bairros mais quentes de Manaus, fez-se uso das estimativas de temperatura de superfície na resolução espacial de 1 km por 1 km.

### 2.1.2. Dados Observacionais e Sítios Experimentais

Utilizaram-se dados horários de temperatura da superfície e do ar e também de umidade relativa coletados em estações meteorológicas automáticas, em áreas urbana e rural, para um período de maio/2010 a abril/2011. Para as medidas de temperatura e umidade do ar utilizou-se o sensor HMP45C da Vaisala, Inc (Woburn, MA) e para a estimativa da temperatura da superfície utilizou-se o pirgômetro CG3 embutido no saldo radiômetro CNR1 da Kipp & Zonen (Holanda). A emissividade de 0,986 foi utilizada no cálculo da temperatura da superfície. Duas estações de superfície na área urbana (EST e MF) e duas na área rural (RD e K34) foram utilizadas no presente estudo: a) Área Urbana: a.1) Estação meteorológica de superfície da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas - EST (03°05'S; 60°00'W); a.2) Estação meteorológica de superfície instalada no campus da Faculdade Martha Falcão – MF (3,10°S; 60,01°W); b) Área Rural: b.1) Estação meteorológica de superfície localizada na Reserva Florestal Ducke (2° 57'S; 59°57'W) pertencente ao Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA); b.2) Estação meteorológica localizada na Reserva Biológica de Cuireiras (2°35'S;60°13'W) pertencente ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

### 2.1.3 Modelagem Numérica

O modelo numérico utilizado para avaliar o fenômeno de ilha de calor urbana sobre a cidade de Manaus foi o modelo climático regional Brazilian Regional Atmospheric Modeling System 4.2 (BRAMS), acoplado ao esquema de balanço de energia em área urbana – Modelo TEB e mapas de vegetação e usos da terra de Manaus para o ano de 2010 (E2010) (Figura 1). A utilização de mapas com áreas urbanizadas possibilitou considerar simulações numéricas mais realistas. A simulação numérica com o BRAMS consistiu de duas integrações de 1 mês e 10 dias (960 horas), inicializadas em 00:00 horas TMG (Tempo Médio Greenwich) no dia 20 de Fevereiro e 20 de Julho, correspondendo as estações úmida e seca na Região Amazônica. Nesse estudo serão apresentados os resultados da segunda simulação numérica.

## ILHAS DE CALOR NA CIDADE DE MANAUS: UM ESTUDO OBSERVACIONAL E DE MODELAGEM NUMÉRICA

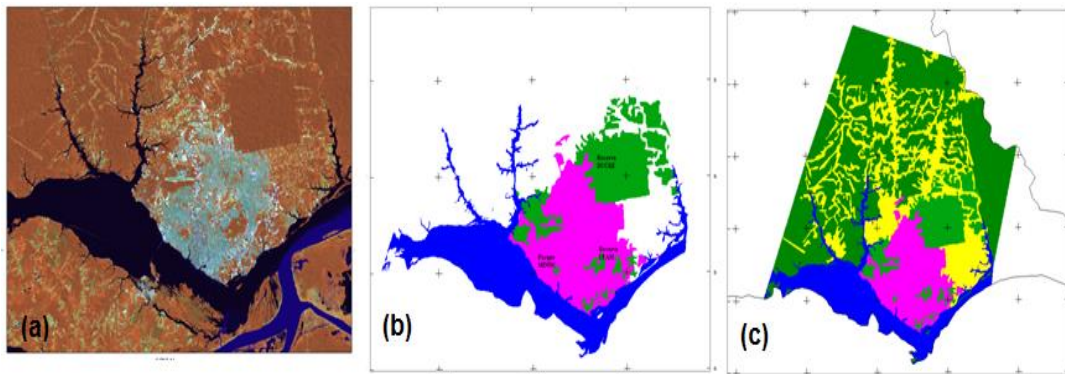


Figura 1 – Mapeamento das áreas de expansão urbana para o ano de 2010 destacando-se as áreas de reserva/parque contidas na área de estudo: a) Imagem TM Landsat 5; b) Mapeamento de uso e cobertura da terra com as classes: água (cor azul), reserva (cor verde) e área urbana (cor rosa); c) Mapeamento de uso e cobertura da terra com as classes: floresta (cor verde escuro), desflorestamento (cor amarela), reserva (cor verde claro), área urbana (cor rosa) e água (cor azul). Resolução: 1km x 1km.

### 2.2. Método

A intensidade da ilha de calor urbana (IICU) foi calculada considerando a definição proposta por Maitelli e Wright (1996), conforme descrito na equação abaixo:

$$IICU = \frac{1}{D} \left[ \sum_{d=1}^{d=D} (T_{u,d} - T_{r,d}) \right]$$

onde  $d$  é o número do dia,  $D$  o número de dias,  $T_u$  a temperatura do ar na área urbana e  $T_r$  a temperatura do ar na área rural.

### 3.Resultados

O campo espacial de temperatura média da superfície para os meses de agosto e setembro de 2010 na resolução espacial de 1 km por 1 km, sobre a cidade de Manaus é apresentado na Figura 2. Os bairros que apresentaram temperaturas da superfície mais elevadas são: Cidade Nova, São José Operário, Zumbi dos Palmares, Japiim, Petrópolis, São Francisco, Nossa Senhora das Graças, Cachoeirinha e Centro.

## ILHAS DE CALOR NA CIDADE DE MANAUS: UM ESTUDO OBSERVACIONAL E DE MODELAGEM NUMÉRICA

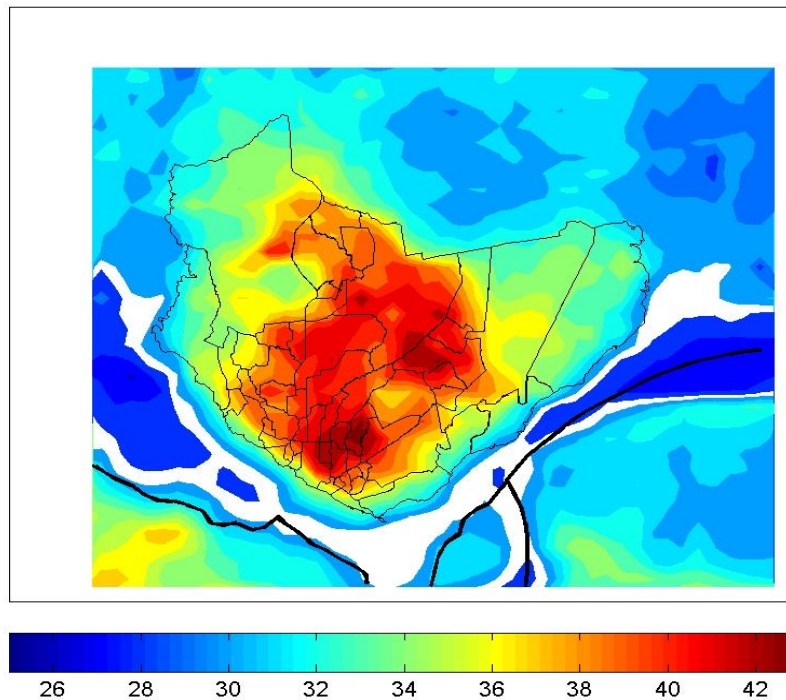


Figura 2 - Temperatura média da superfície (C) para os meses de agosto e setembro de 2010, sobre a cidade de Manaus, com resolução de 1 km por 1 km. (Satélite AQUA)

A variação sazonal da temperatura do ar em áreas urbana e rural apresenta um comportamento bem característico, com valores maiores na estação seca e menores na estação chuvosa da região. As temperaturas médias são de 27,6°C e 27,8°C para as estações EST e MF, respectivamente; e de 25,2°C e 25,5°C para as estações RD e K34, respectivamente. Durante todo o período, as temperaturas médias são mais elevadas na área urbana em relação a rural, apresentando mesmo ciclo sazonal. O ciclo diurno da intensidade da ilha de calor urbana (IICU), calculada para a temperatura do ar e da superfície, é representado na Figura 3. Observa-se um comportamento característico no ciclo diurno da IICU, mas padrões diferentes entre a intensidade utilizando  $T_a$  (IICU<sub>a</sub>) e  $T_s$  (IICU<sub>s</sub>). A intensidade da ilha de calor urbana IICU<sub>a</sub> é maior no período noturno (2,5°C) do que durante o dia (1,6°C). Durante a noite, o resfriamento da superfície devido á perda de radiação termal emergente faz com que o ar logo acima seja aquecido, conduzindo a um aumento relativo da temperatura na atmosfera. Isso produz maior aquecimento sobre a área urbana durante a noite, que por sua vez, conduz a efeitos negativos sobre o ambiente e a população: desconforto térmico, maior demanda de energia para resfriamento, maior gastos com eletricidade, maior emissão das centrais elétricas, e finalmente podendo afetar a saúde da população. Outras razões para esse fenômeno de ilha de calor (aquecimento) é que maior parte dos materiais em áreas urbanas são impermeáveis e estanques, por essa razão não há umidade disponível para dissipação da energia a superfície, aumentando, desta forma, a temperatura do ar. Além disso, a combinação de materiais escuros de edifícios e

## ILHAS DE CALOR NA CIDADE DE MANAUS: UM ESTUDO OBSERVACIONAL E DE MODELAGEM NUMÉRICA

pavimentos com configuração tipo “*cânion*” absorve e armazena mais energia, modificando balanço de energia e novamente aumentando a temperatura do ar. O ciclo diurno da  $IICU_a$  apresenta dois picos nos horários de 7 HL e 20 HL. Os fatores que podem contribuir para a presença do primeiro pico na intensidade de ICU ( $2,7^{\circ}\text{C}$ ) são os fluxos de energia resultantes de processos industriais, como queima de biomassa, e a presença de veículos automotores no horário de intenso movimento urbano. Os fatores citados e o aquecimento do ar acima da superfície decorrente da perda de radiação termal emergente podem contribuir para o surgimento do segundo valor máximo na ICU ( $2,8^{\circ}\text{C}$ ). O ciclo diurno da intensidade da ilha de calor urbana estimada pela temperatura da superfície ( $IICU_s$ ) apresenta comportamento bem diferente daquele observado na  $IICU_a$ . A intensidade da ilha de calor urbana ( $IICU_s$ ) é maior no período diurno ( $10,0^{\circ}\text{C}$ ) do que durante a noite ( $7,2^{\circ}\text{C}$ ) diferente do que foi observado para a  $IICU_a$ . Para uma melhor interpretação e entendimento da variação do ciclo diurno da ICU avaliou-se a taxa de aquecimento/resfriamento das áreas urbana e rural para as temperaturas do ar e da superfície (Figura 4). Para  $T_a$ , a taxa máxima de aquecimento é encontrada as 7 HL ( $1,1^{\circ}\text{C hora}^{-1}$ ) na área urbana e as 8 HL ( $1,7^{\circ}\text{C hora}^{-1}$ ) na área rural. Entretanto, a taxa máxima de resfriamento para a área urbana acontece as 17 HL ( $-0,8^{\circ}\text{C hora}^{-1}$ ) e na área rural as 16 HL ( $-1,2^{\circ}\text{C hora}^{-1}$ ). Este comportamento deixa evidente que a cidade começa a aquecer-se mais cedo e mais lentamente, enquanto resfria-se mais tarde e também de forma lenta em comparação com a área rural, principalmente devido às propriedades da superfície urbana, como maior difusividade térmica (aumento no armazenamento de energia) e também o aquecimento do ar no início da noite devido a perda de radiação termal, o que podem explicar os dois picos de ICU. Comportamento diferente é observado no ciclo diurno da taxa de aquecimento/resfriamento utilizando a temperatura da superfície ( $T_s$ ). No início do dia, a taxa máxima de aquecimento acontece as 7 HL ( $2,8^{\circ}\text{C hora}^{-1}$ ) na área urbana e as 8 HL ( $1,8^{\circ}\text{C hora}^{-1}$ ) na área rural, entretanto, a taxa máxima de resfriamento acontece as 16 HL ( $-2,2^{\circ}\text{C hora}^{-1}$ ) na área urbana e as 17 HL ( $-1,2^{\circ}\text{C hora}^{-1}$ ) na área rural. Esses resultados mostram que a área urbana aquece antes que a rural, conduzindo a um máximo na ICU as 10 HL, e que a superfície na área urbana esfria-se antes e mais rapidamente que na área rural. De forma contrária, o ar logo acima da superfície esfria-se depois e mais lentamente em relação a área rural. Isso explica o segundo máximo na intensidade da ilha de calor urbano na cidade de Manaus.

## ILHAS DE CALOR NA CIDADE DE MANAUS: UM ESTUDO OBSERVACIONAL E DE MODELAGEM NUMÉRICA

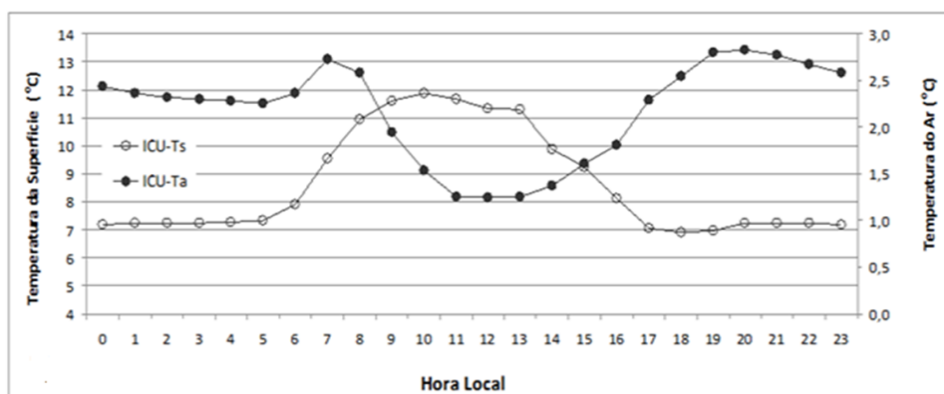


Figura 3 - Intensidade de ICU estimada pela temperatura do ar e da superfície (°C).

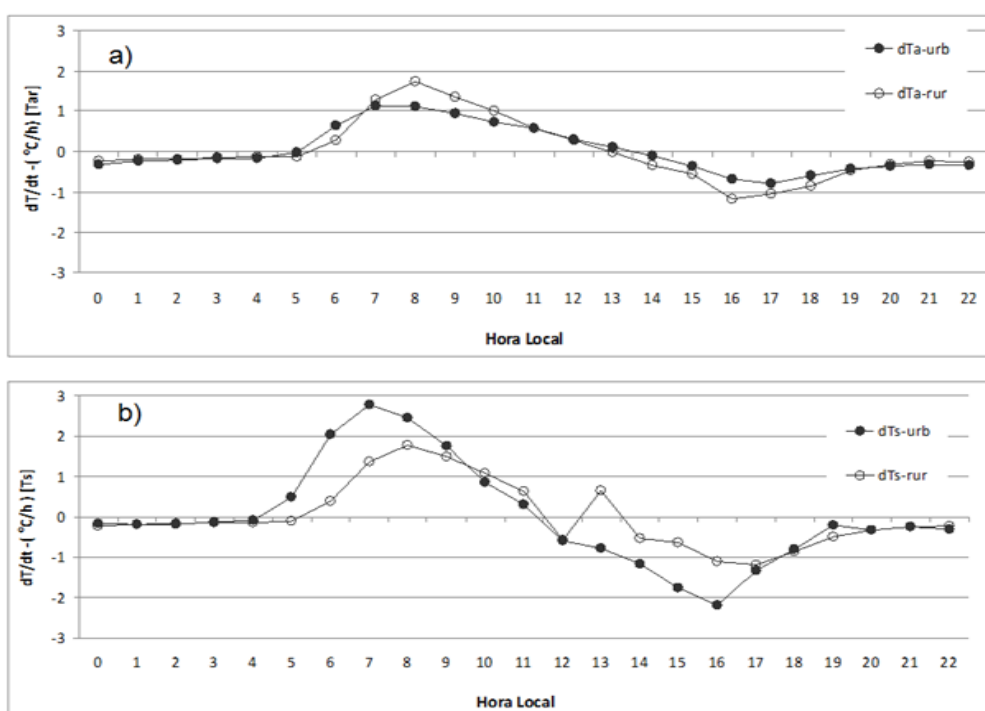


Figura 4 - Variação diurna da (a) taxa de aquecimento/resfriamento para áreas urbana e rural estimada pela temperatura do ar e (b) taxa de aquecimento/resfriamento para áreas urbana e rural estimada pela temperatura da superfície (°C/h).

Na Figura 5 apresentam-se os campos médios de temperatura a 2m, temperatura da camada superficial (100 m), umidade relativa referente às simulações numéricas com o Modelo climático BRAMS. A Figura 6 apresenta as anomalias nos campos de temperatura a 2m, da umidade relativa e da razão de mistura do vapor d'água. No caso da temperatura do ar a anomalia é a intensidade da ilha de calor urbana (ICU). Pode observar que a área urbana é mais quente, com valores variando entre 0,5°C a 3°C, e mais seca que a região adjacente mostrando assim o efeito da ICU da cidade de Manaus. Estes resultados também foram observados nos

## **ILHAS DE CALOR NA CIDADE DE MANAUS: UM ESTUDO OBSERVACIONAL E DE MODELAGEM NUMÉRICA**

dados observacionais, evidenciando que o modelo apresenta-se eficiente em representar a ICU da cidade. Sobre a área urbana observa-se heterogeneidade na intensidade da ICU e nos campos de umidade. De acordo com a Figura 5, as regiões mais quentes são as Zonas Leste, Sul e Oeste com valores mais significativos na Zona Oeste de Manaus ( $2,5^{\circ}\text{C}$  -  $3,0^{\circ}\text{C}$ ). A umidade relativa e a razão de mistura apresentam valores menores na área urbana, com valores intensos no noroeste da área urbana abrangendo a Zonas Oeste e parte da Zona Norte. Essas reduções alcançam valores de até 14% para umidade relativa e de 9% para a razão de mistura. Nota-se ainda que valores extremos de anomalias na umidade estão posicionados a noroeste da área urbana. Possivelmente este resultado reflete a influência da advecção de ar quente e seco para aquela região proveniente de uma área urbana com temperaturas mais elevadas e menor conteúdo de umidade. O padrão do campo de direção e intensidade do vento a superfície, mostrado na Figura 5(e,f), corrobora com a explicação acima, pois o comportamento do vento mostra um escoamento praticamente de leste sobre toda a grade analisada, o que possivelmente é influenciado pelo escoamento de grande escala. Nota-se que a intensidade do vento é maior sobre o rio, e que sua velocidade e direção são modificadas sobre a área urbana, aumentando sua intensidade e tornando o escoamento de sudeste. A presença da área urbana e o gradiente térmico formado entre esta e o rio e a floresta, apresenta grande influência sobre o escoamento. O ar mais frio presente em área de floresta e sobre o rio tende a escoar em direção à área urbana que, juntamente com o escoamento de grande escala, intensifica o vento sobre a cidade. Freitas et al. (2007) mostraram que a presença da região metropolitana de São Paulo intensifica a entrada da brisa marítima; logo, o observado está consistente com a literatura.



## ILHAS DE CALOR NA CIDADE DE MANAUS: UM ESTUDO OBSERVACIONAL E DE MODELAGEM NUMÉRICA

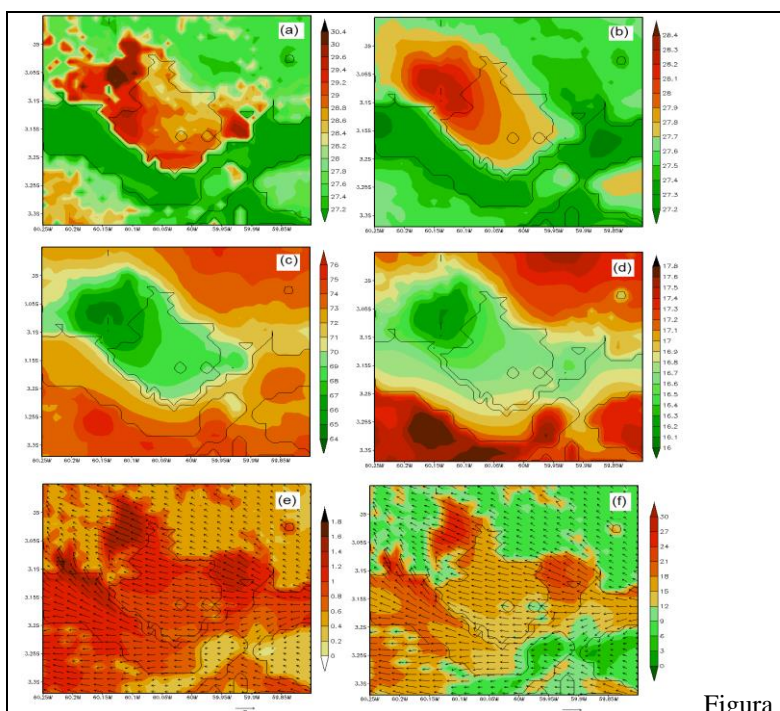


Figura 5 - Campo médio das variáveis (a) temperatura a 2m (°C), (b) temperatura da camada superficial 100m (°C), (c) umidade relativa do ar (%); (d) razão de mistura do vapor d'água (g/kg), (e) velocidade e direção do vento (m/s) e (f) transporte de umidade a superfície (g/kg/m/s).

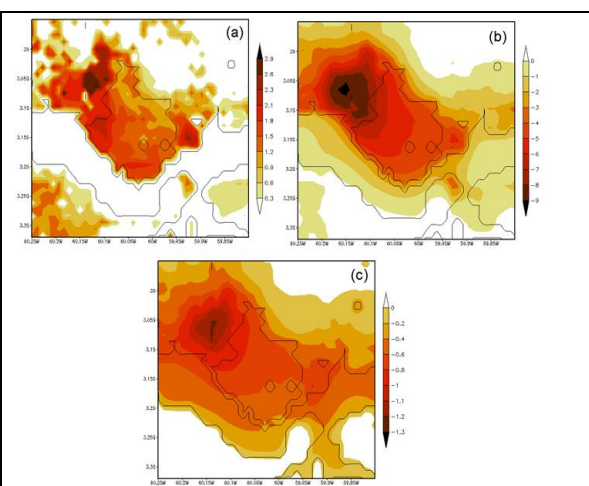


Figura 6 - Variação média em relação a área rural para as variáveis de temperatura e umidade: (a) Intensidade da ilha de calor urbana (°C), (c) Variação umidade relativa do ar (%); (d) Variação na razão de mistura do vapor d'água (g/kg).

Figura

### 4. Conclusões

Os resultados mostraram que os bairros cujas temperaturas são mais elevadas foram: Cidade Nova, São José Operário, Zumbi dos Palmares, Japiim, Petrópolis, São Francisco, Nossa Senhora das Graças, Cachoeirinha e Centro. Observa-se um comportamento diferenciado no ciclo diurno da ICU estimado por meio da temperatura do ar ( $IICU_a$ ) e da superfície ( $IICU_s$ ). A intensidade da ilha de calor urbana  $IICU_a$  é maior no período noturno ( $2,5^{\circ}C$ ) do que durante o dia ( $1,6^{\circ}C$ ), apresentando dois máximos nos horários de 7 HL e outro a noite 20 HL. De maneira diferente, a intensidade da ilha de calor urbana ( $IICU_s$ ) é maior no período diurno ( $10,0^{\circ}C$ ) do que durante a noite ( $7,2^{\circ}C$ ). Os fatores que podem ter contribuído para a presença do primeiro pico na intensidade de  $IICU_a$  são os fluxos de energia resultantes de processos industriais, como queima de biomassa, e a presença de veículos automotores no horário de intenso movimento urbano. Além desses fatores, o aquecimento do ar acima da superfície decorrente da perda de radiação termal emergente, pode ter contribuído para o surgimento do segundo valor máximo na  $IICU_a$  na cidade de Manaus. Os resultados das simulações numéricas denotam que o modelo BRAMS apresentou um bom desempenho na representação do comportamento da temperatura do ar e umidade relativa, com destaque à área urbana. Destaca-se a importância da implantação de políticas públicas de planejamento urbano organizado e medidas genéricas para mitigação do

## **ILHAS DE CALOR NA CIDADE DE MANAUS: UM ESTUDO OBSERVACIONAL E DE MODELAGEM NUMÉRICA**

fenômeno de ilha de calor urbana em Manaus. Esse estudo contribuirá para o melhor planejamento urbano e medidas genéricas de intervenção para mitigar os efeitos do fenômeno de ilha de calor urbana na cidade de Manaus.

### Referências Bibliográficas

ARYA, S. P. 2001: **Introduction to Micrometeorology**. Academic Press. 420 p.

FREITAS, E. D., ROZOFF, C. M., COTTON, W. R., SILVA DIAS, P. L. 2007: **Interactions of an urban heat island and sea-breeze circulations during winter over the metropolitan area of São Paulo, Brazil**. *Boundary-Layer Meteorology*, v. 122, pp 43- 65.

GORSEVSKI, V., H. TAHA, D. QUATTROCHI AND J. LUVALL. 1998. Air pollution prevention through urban heat island mitigation: An update on the urban heat island pilot project. ACEE. Summer study on energy efficiency in buildings, Pacific Grove, CA, American Council for an Energy Efficient Economy.

MAITELLI, G. T. ; WRIGHT, I. R. 1996: **The climate of a riverside city in the Amazon Basin: urban-rural differences in temperature and humidity**. In: John H C Gash; Carlos

OKE, T.R., R.A. SPRONKEN-SMITH, E. JAUREGUI AND C.S.B. GRIMMOND.1999: **The energy balance of central Mexico City during the dry season**. *Atmospheric Environment* **33**: 3919-3930.

SOUZA, D. O.2012. **Influências da ilha de calor urbana das cidades de Manaus e Belém sobre o microclima local**. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (INPE/CPTEC).

STEWART, I.D. 2000. Influence of meteorological conditions on the intensity and form of the urban heat island in Regina. *The Canadian Geographer* **44**:271-285.