

COMPARAÇÕES ENTRE ESCALAS CLIMÁTICAS DE ANÁLISE URBANA

**BARBIRATO, Gianna M. (1); BARBOSA, Ricardo V. R. (2); FERNANDES, Emanuel F. (3);
MORAIS, C.S de (4); OLIVEIRA, Thaísa C.F.S.de (4); TELES, Valéria R. (4)**

Universidade Federal de Alagoas - UFAL

(1) Departamento de Arquitetura e Urbanismo

(2) (4) Curso de Arquitetura e Urbanismo - (3) Curso de Engenharia Civil

(2) Bolsista PIBIC/CNPq (3) Bolsista PIBIC/FAPEAL

Campus A. C. Simões, s/n, Tabuleiro dos Martins, CEP 57072-970, Maceió-AL

Tel.: (0xx82) 214-1286

E-mail: (1) gmb@ctec.ufal.br (2) ricardovictor@bol.com.br

(3) effernandes@bol.com.br (4) valeria@sunnet.com.br

RESUMO

Esse trabalho teve como objetivo analisar o clima urbano de Maceió - AL através de comparações entre diversas escalas climáticas, que pudessem orientar decisões no planejamento urbano na cidade. Primeiramente, foram realizadas medições móveis de temperatura do ar em áreas distintas de uso e ocupação do solo, de modo a reconhecer comportamentos térmicos diferenciados. Em um segundo momento, correlacionou-se os resultados desse trabalho de campo com dados colhidos na estação meteorológica do aeroporto local, para o mesmo período. Por fim, realizou-se a comparação entre dados da estação do aeroporto e dados de uma estação meteorológica automática fixa, implantada no centro urbano, densamente construído. Os resultados confirmaram a influência significativa da área urbana sobre a temperatura do ar nas análises das diversas escalas de abordagem, enfatizando a importância do entorno imediato nas condições térmicas de recintos urbanos diferenciados.

ABSTRACT

The aim of this work is to analyze the urban climate of Maceió – AL, throughout climatic scale comparisons, for urban planning purposes. Firstly, air temperature data of different patterns of urban land use areas was observed and compared. Afterwards, these data were compared to the meteorological station of the local airport, for the same period. Finally, another comparison between the meteorological station and an automatically meteorological station, implanted in the urban center especially for these work, was made. The results showed different thermal behavior of the microclimatic spaces in the urban environment, emphasizing the importance of surroundings on thermal conditions of different urban precincts.

1. INTRODUÇÃO

O clima urbano é uma modificação substancial de um clima local, resultado das condições particulares do meio ambiente urbano, seja pela sua rugosidade, ocupação do solo, orientação, permeabilidade e propriedades dos materiais constituintes, entre outros fatores (OKE, 1996). A cidade modifica o clima através de alterações complexas na superfície, podendo alterar a ventilação, umidade e precipitações, resultando, na maioria das vezes, em condições adversas (LOMBARDO, 1997).

O Grupo de Estudos em Conforto Ambiental - GECA vem desenvolvendo uma linha de pesquisa que estuda o clima urbano de Maceió, identificando os atributos determinantes nas alterações do clima da cidade (BARBIRATO et al., 2000; BARBOSA et al., 2000; FERNANDES et al., 2000). No presente trabalho, objetivou-se reconhecer padrões diferenciados de clima na cidade de Maceió - AL, a partir da análise térmica em diversas escalas, de modo a orientar intervenções aplicadas aos espaços urbanos, no desenho e controle do ambiente.

2. A REGIÃO DE ESTUDO

Maceió encontra-se no litoral oriental do Nordeste brasileiro, entre a latitude 9°39'57" Sul e longitude 35°44'07" Oeste, às margens do Oceano Atlântico, e do complexo lagunar Mundaú – Manguaba. Abrange uma área de 512km², possui uma população de 668.000 habitantes e densidade demográfica de 1.357,64 hab./km² segundo estimativas do IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -, no ano de 1991. De clima quente e úmido, Maceió constitui um bom exemplo de constância de nível térmico que caracteriza o litoral do Nordeste brasileiro, com temperatura média anual de 25,4°C, variação anual de 3,4°C entre os valores médios mensais das temperaturas médias de 26,7°C em fevereiro e 23,7°C em julho (máximas médias de 30,2°C e mínima média 21,1°C), e uma alta umidade relativa média (78%). Está sob influência alternada dos ventos alísios de Sudeste, mais freqüente (de velocidade fraca a moderada) e os ventos de retorno do Nordeste nos meses mais quentes (janeiro, fevereiro e março). O valor médio mensal da velocidade de vento é de 2,8m/s, podendo chegar a valores absolutos mais intensos de 10m/s na direção Nordeste. A pluviosidade média anual é de 1654mm, com meses mais chuvosos de abril a julho (dados do INMET e NMRH-AL).

3. METODOLOGIA

A temperatura do ar foi o elemento climático básico utilizado para análise nas diversas escalas, tomando-se os outros como auxiliares das variações deste, visto que os mesmos são inter-relacionados.

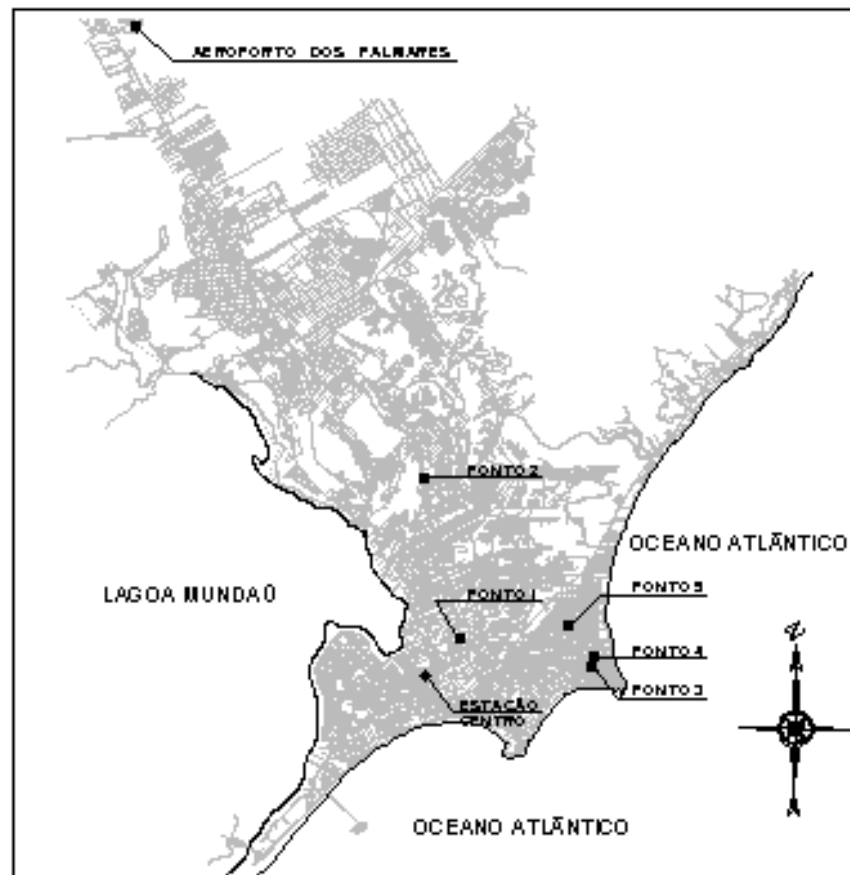


Figura 1 – Os pontos de medição dentro da cidade de Maceió

Inicialmente, em uma escala microclimática, procurou-se reconhecer padrões térmicos diferenciados do ambiente urbano da cidade, através de medições móveis de temperatura e umidade relativa do ar

em pontos representativos da diversidade tipológica da cidade (figura 1). Neste nível de análise intra-urbana, os dados observados são consequência das características do entorno imediato – solo e revestimentos – e, portanto, foram necessárias medições “in loco” de temperatura do ar e umidade relativa do ar com termômetros digitais portáteis (Modelo FLUKE-52 com 2 sensores termopares tipo K, precisão: $\pm 0,1\%$ da leitura $+ 0,7^\circ\text{C}$). As medições foram realizadas nos seguintes horários: 9:00h; 12:00h; 15:00 e 18:00h, perfazendo uma série satisfatória de 3 dias típicos de céu claro e ar calmo (dias 21/01, 22/01 e 23/01), a 1,50m do solo. As características dos pontos de medição são mostradas na tabela 1.

Tabela 1 - Características dos Locais de Medições Móveis (Escala Microclimática).

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
localização	Pça Centenário – bairro Farol	Estacionamento de hipermercado – bairro Farol	Rua Sandoval Arroxelas – bairro de Ponta verde	Rua Noel Nuteles– bairro de Ponta Verde	Conj. Habitacional Stella maris – bairro de Jatiúca
atividades	Passagem de pedestres (próxima à via de bastante movimentação e tráfego de autos); contemplação	comércio / estacionamento para veículos	residencial	residencial	residencial
fluxo	Passagem de pedestres	Pedestres e veículos, movimentação intensa em horários específicos	Pedestres e veículos, movimentação razoável	Baixo fluxo de veículos	Baixo fluxo de veículos
presença de vegetação	Muitas árvores de médio a grande porte	Poucas árvores de pequeno porte	Muitas árvores de médio a grande porte	Nenhuma vegetação	Árvores de médio porte a Sudoeste
piso	Terra crua / Gramíneas	Pavimento asfáltico	gramíneas	Pavimento asfáltico	gramíneas

Em um segundo momento, foram realizadas correlações de ordem mesoclimática das medições móveis realizadas com dados de temperatura do ar registrados simultaneamente na estação meteorológica do aeroporto local, de forma a conhecer a magnitude das diferenças térmicas dos pontos com entorno suburbano próximo. Conforme classificação de MONTEIRO (1976), a escala mesoclimática apoia-se em observações de postos meteorológicos e tem os mesmos fatores modificadores do clima local.

A comparação térmica durante o período de 30 dias, entre uma área urbana típica (estação meteorológica automática, implantada no centro da cidade, densamente construída) e uma área suburbana (onde está situada a estação meteorológica do aeroporto), permitiu a constatação de indícios de ilha de calor urbana, resultante das diferentes características entre as duas localidades como quantidade de massa edificada, presença de vegetação, tipo de solo e condições de ventilação.

As medidas de temperatura foram feitas a cada 10 segundos e registradas as médias a cada 10 minutos na estação automática implantada no centro da cidade. O sensor de temperatura é um HMP35C (Campbell Scientific, Inc. USA), com uma precisão de $\pm 0,4^\circ\text{C}$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Escala Microclimática

A figura 2 e tabela 2 mostram o comportamento médio diário das temperaturas nos diversos pontos de medições móveis.

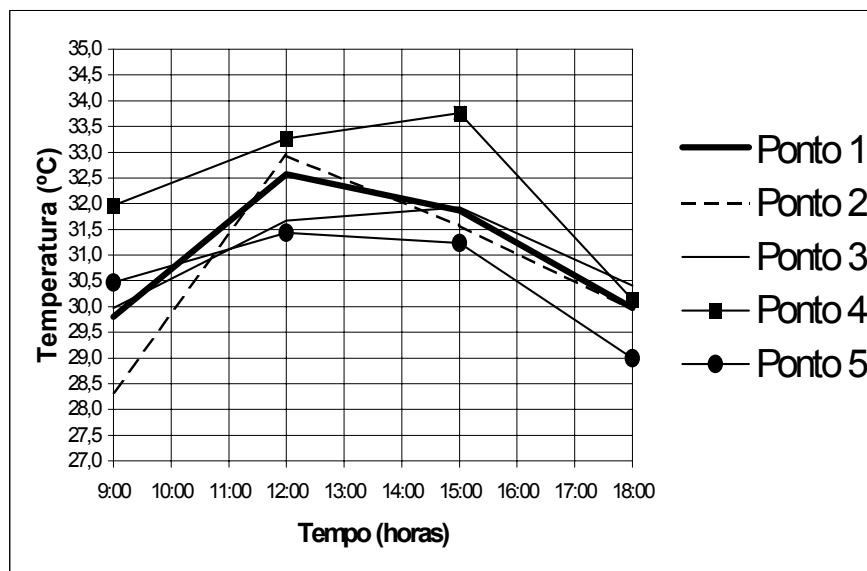


Figura 2 - Temperaturas médias do ar dos pontos móveis de medição para o período observado.

Tabela 2 - Temperaturas médias do ar nos pontos observados.

Hora	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
9:00	29.8	28.3	30.0	32.0	30.5
12:00	32.6	32.9	31.7	33.3	31.4
15:00	31.9	31.6	31.9	33.8	31.2
18:00	30.0	29.9	30.4	30.1	29.0

Nessa escala de análise, a altitude diferenciada entre os pontos teve pouca influência sobre os resultados observados de temperatura do ar, sendo determinante o entorno imediato e atributos da forma urbana. Constatou-se, com base nos dados obtidos, que o entorno age diretamente nos resultados de temperatura e umidade relativa do ar, criando microclimas diferenciados. Quanto à distribuição espacial da temperatura do ar, verificou-se que esta varia de acordo com diversos atributos da forma urbana.

Sabe-se que, por estar localizada em região de clima quente e úmido, as temperaturas do ar são fortemente condicionadas à radiação solar e ventos, que por sua vez são decorrentes dos arranjos da morfologia urbana, a orientação do sítio urbano e sua conformação espacial.

De uma maneira geral, o ponto 4 apresentou as temperaturas mais elevadas, onde há maior exposição ao sol durante todo o dia e maior massa edificada, além de estar à sotavento de área bastante verticalizada. As temperaturas do ar mais baixas foram registradas no ponto 5, devido ao resfriamento mais acelerado em decorrência das características do solo (gramíneas) e da exposição favorável à ventilação.

O ponto 1, embora situado em uma praça, sofre influência do seu entorno imediato – via de grande circulação de veículos, pavimentação asfáltica, calor antropogênico devido ao tráfego, os quais, entre outros fatores, impediram uma maior amenização das temperaturas observadas.

A posição geográfica de Maceió, com influência do Oceano Atlântico e lagoas, constitui fator condicionante das temperaturas do ar, verificado em pontos próximos ao ponto 3, que apresentou menor diferença de temperatura diária, devido à maior proximidade com o mar, e seu efeito amenizador, além do sombreamento constante proporcionado pelo entorno imediato (vegetação e massas edificadas) e do efeito de canalização da ventilação urbana.

De uma maneira geral, é pequena a diferença de temperatura entre os pontos, devido aos efeitos amenizadores da umidade atmosférica, mas que reforçam a influência, nas condições microclimáticas, de modificações no ambiente externo pela maior ou menor presença de superfícies como edificações. A análise térmica intra-urbana, portanto, evidenciou a interferência da malha urbana na modificação do clima local embora, em valores absolutos, as diversas tipologias urbanas mostrassem pouca alteração na temperatura do ar. As condições favoráveis de vento (brisas marítimas) a que está continuamente submetida a área de estudo certamente promovem a amenização das temperaturas do ar e resfriamento das superfícies.

A distribuição da temperatura do ar mostra um comportamento relativamente uniforme para os quatro pontos, com aumento gradativo de temperatura entre 9:00h e 12:00h, e resfriamento gradativo até o pôr do sol por volta das 18:00h. As temperaturas do ar nas frações urbanas observadas são sempre superiores às temperaturas da estação meteorológica do aeroporto, comprovando a modificação térmica provocada pelo meio urbano no clima da cidade.

Entre 9:00h e 12:00h, o aquecimento progressivo das temperaturas dos pontos medidos mostra o ponto 2 com menores valores de temperatura que os demais pontos, por possuir maior quantidade de área verde e menor quantidade de área edificada. A curva de evolução de temperatura do ponto 2 é mais acentuada, já que este ponto apresenta características de morfologia urbana – área exposta - que favorece maior exposição da radiação solar durante o dia, e o ponto 5, aumento mais gradativo de temperatura.

Entre 12:00h e 15:00h, observa-se que, enquanto as curvas correspondentes às temperaturas do ar dos pontos 1, 2, 3 e 5 começam a decair, no ponto 4 a curva ainda é ascendente, devido ao fator de atraso térmico resultante do aquecimento da maior massa construída e exposição direta ao sol no período da tarde, resfriando-se rapidamente após às 15:00h, quando passa a ser sombreado pelas edificações altas circunvizinhas. Entre 15:00h e 18:00h, os pontos de medição 1, 2 e 3 apresentaram temperaturas médias muito próximas, caracterizando uma tendência à estabilização das temperaturas após o pôr do sol, havendo, aí, portanto, pouca influência da massa edificada na temperatura do ar das frações urbanas observadas.

A diferença de temperatura média diária entre os pontos foi de 3,1°C, sendo a maior do ponto 2 (4,6°C) e menor do ponto 3 (1,9°C). O ponto 2 apresentou maiores amplitudes térmicas diárias, onde há maior aquecimento diurno, por estar mais exposta à insolação durante o dia. Por outro lado, apresentou esfriamento rápido a partir do fim do período da tarde. Em valores absolutos, a temperatura mais baixa foi registrada no ponto 2, às 9:00h (28,3°C) e a temperatura mais alta foi registrada no ponto 4, às 15:00h (33,8°C).

4.2 Análise Mesoclimática:

Essa análise consistiu na comparação entre os dados registrados nas medições móveis e os dados coletados da estação meteorológica situada no aeroporto local, no período de 21 a 23/01/2000, com o objetivo de reconhecer as diferenças térmicas entre áreas urbanas distintas e uma área suburbana (aeroporto). São mostradas na figura 3 e na tabela 3

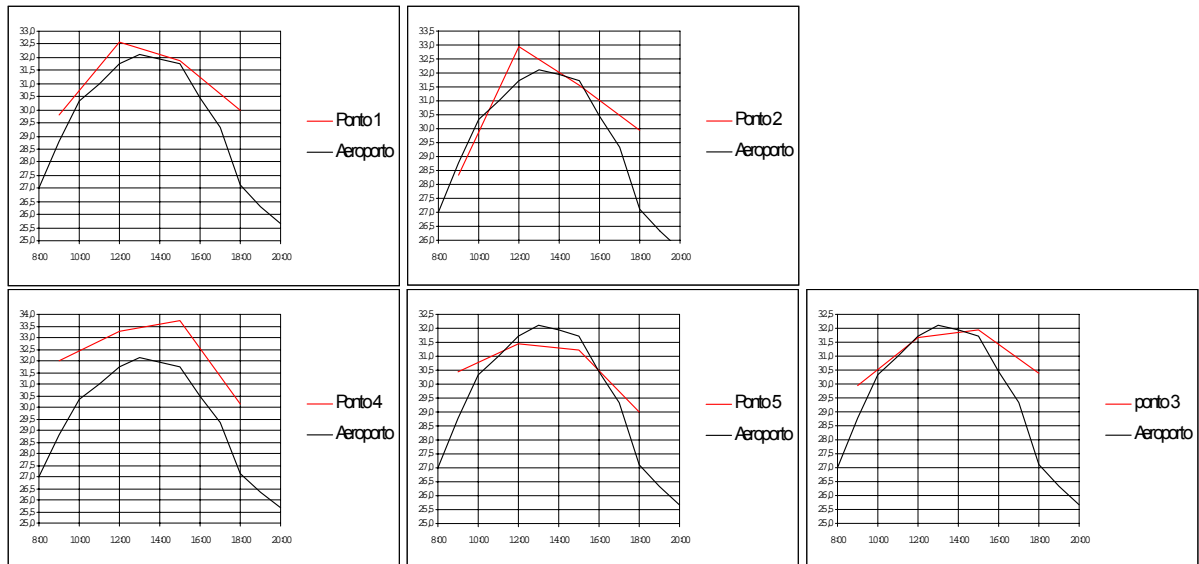


Figura 3 - Temperaturas médias do ar registradas nas estações meteorológicas do centro da cidade e do aeroporto local

Tabela 3 - Temperaturas médias do ar dos pontos observados e da estação meteorológica

Hora	Estação Meteorológica	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
9:00	28.8	29.8	28.3	30.0	32.0	30.5
12:00	31.7	32.6	32.9	31.7	33.3	31.4
15:00	31.7	31.9	31.6	31.9	33.8	31.2
18:00	27.1	30.0	29.9	30.4	30.1	29.0

As temperaturas registradas na estação meteorológica do aeroporto sofrem influência do entorno imediato, particularmente do pavimento asfáltico das pistas de pouso e decolagem e das edificações adjacentes.

Os pontos 1 e 4 apresentaram temperaturas sempre superiores às registradas pela estação meteorológica, pois apresentam maior capacidade de armazenamento de energia térmica das massas construídas dos entornos distintos, justificando também o atraso térmico verificado no ponto 4, tendo como base a referida estação meteorológica.

As temperaturas mais baixas foram registradas no ponto 2, no período de 09:00h às 10:30h, devido à forte influência exercida pela área de reserva florestal situada próxima ao local da medição, que ameniza as temperaturas neste período.

Os pontos 3 e 5 apresentaram temperaturas menores que às do aeroporto no período aproximado de 11:30h às 16:00h. Os pontos em questão encontram-se na planície litorânea, sob as mesmas condições de ventilação – efeito de canalização dos ventos, além da existência de áreas verdes em seu entorno.

A partir das 16:00h, verificou-se nos registros de temperatura do ar, uma tendência, em todos os pontos de medição móveis, de permanecerem superiores às registradas na estação meteorológica do

aeroporto, devido ao calor acumulado pelos materiais e superfícies urbanas que impedem um maior resfriamento nesses pontos.

4.3 Análise Comparativa Entre as Estações Meteorológicas

A figura 4 mostra o comportamento médio horário das temperaturas do ar registradas nas estações do centro da cidade e do aeroporto local, para o mês de março/2000.

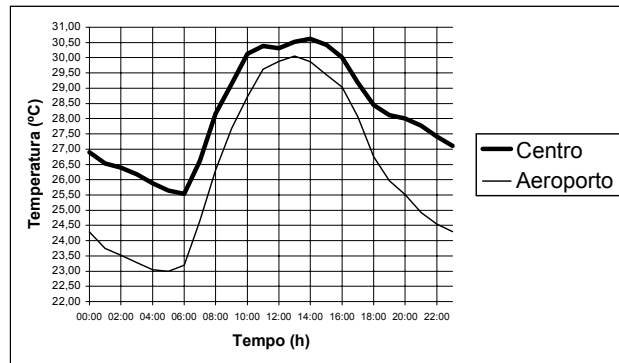


Figura 4 - Temperaturas do ar médias registradas nas estações meteorológicas do centro da cidade e do aeroporto local

Percebe-se que as temperaturas registradas no centro da cidade são sempre superiores às do aeroporto. As diferenças de temperatura entre as estações se acentuam com o fim do dia, indicando claramente que as condições do centro da cidade - maior massa construída - contribuem para o aumento de temperatura em relação ao entorno (estação do aeroporto), sugerindo provável desenvolvimento de ilha de calor no centro.

Os valores máximos médios registrados nas duas estações foram da ordem de 30°C às 13:00h na estação do aeroporto e 30,6°C às 14:00h na estação implantada no centro da cidade, comprovando o fator de atraso térmico devido às características do entorno construído da estação do centro. Os valores mínimos de temperatura foram registrados às 5:00h na estação do centro (23°C) e às 6:00h (25,5°C) na estação automática.

A estação meteorológica do aeroporto registrou os seguintes valores absolutos máximos e mínimos de temperatura do ar: 32°C às 12:00h (dia 13/03) e 22°C às 4:00h (dia 04/03).

5. CONCLUSÕES

A influência da área urbana sobre a temperatura do ar mostrou-se bastante significativa nas análises das diversas escalas de abordagem. Os resultados da análise intra-urbana e na escala mesoclimática evidenciaram a importância do entorno imediato nas condições térmicas de recintos urbanos diferenciados. Constatou-se, portanto, com base na análise desenvolvida, que o entorno age diretamente nos resultados de temperatura e umidade relativa do ar, criando microclimas diferenciados.

A relação clima – entorno é confirmada com a presença de diferentes microclimas urbanos, originados segundo o uso do solo, presença de vegetação, padrão de ventilação e tipologia das edificações circunvizinhas. As temperaturas mais altas foram apresentadas onde há maior exposição ao sol durante todo o dia, maior massa edificada e maior verticalização. As temperaturas do ar mais baixas foram registradas em áreas com solo não-pavimentado e com exposição favorável à ventilação. Pôde-se constatar ainda o efeito amenizador de grandes massas d'água (mar e lagoa) e do sombreamento constante propiciado pela vegetação e/ou pelas próprias massas edificadas, além do efeito de canalização da ventilação resultante da configuração das edificações no espaço urbano.

A comparação entre as estações do centro da cidade e do aeroporto mostrou uma diferença média de temperatura entre elas para o período analisado da ordem de 2°C, com valor máximo médio de 2,9° às 21:00h e 4:00h; e mínimo médio de 0,4°C às 12:00h, enfatizando a influência da massa construída nas condições térmicas do centro da cidade após o pôr do sol. Considera-se que este estudo inicial poderá servir de base a estudos futuros relacionados ao assunto, incluindo-se aí a análise sazonal e anual das variações térmicas nas diversas escalas abordadas.

É importante salientar que os resultados aqui apresentados referem-se a condições de exposição de um sistema climático tropical de baixa latitude, submetido a situações favoráveis de ventos, umidade relativa média alta e efeitos amenizadores de grandes massas d'água (lagoa e mar). A pouca influência da massa edificada na temperatura do ar das frações urbanas observadas após o pôr do sol, por exemplo, parece estar vinculada às condições locais (BARBIRATO, 1998), o que enfatiza a importância da intensificação de estudos que mostrem o comportamento específico de sistemas climáticos tropicais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBIRATO, G.M. (1998). *Aplicação de modelo de balanço de energia para análise de ambiente térmico urbano em Maceió-AL*. São Carlos, SP, 173p. Tese (Doutorado EM Ciências da Engenharia Ambiental). Departamento de Hidráulica e Saneamento, EESC, Universidade de São Paulo.
- BARBIRATO, G.M. et al. (2000). Identificação preliminar de ilhas de calor e padrão de ventilação natural no município de Maceió – AL. In: 52^A. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA – SBPC, Brasília. *Anais/resumos [CD-ROM]*., UnB.
- BARBOSA, R.V.R. (2000). A influência do entorno imediato nas condições térmicas de recintos Microclimas urbanos em Maceió – AL como subsídio para identificação do padrão climático da cidade In: X Encontro de Iniciação Científica da Universidade Federal de Alagoas. Maceió – AL, dezembro de 2000. *Caderno de Resumos*. Maceió – AL, p.251.
- FERNANDES, E.F. et al. (2000). Microclimas urbanos em Maceió – AL como subsídio para identificação do padrão climático da cidade In: X Encontro de Iniciação Científica da Universidade Federal de Alagoas. Maceió – AL, dezembro de 2000. *Caderno de Resumos*. Maceió – AL, p.241.
- LOMBARDO, M.A.(985). *Ilha de calor nas metrópoles - o exemplo de São Paulo*, Hucitec, São Paulo, 244p.
- MONTEIRO, C.A.F. (1975). *Teoria e clima urbano*. São Paulo, 244p. Tese (Livre Docência). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo,.
- OKE, T.R. (1996). *Boundary layer climates*, 2.ed., Routledge, New York, 435p.