



MICROCLIMAS URBANOS EM MACEIÓ - AL

G. M. Barbirato

Universidade Federal de Alagoas

Centro de Tecnologia / Departamento de Arquitetura

Laboratório de Conforto Ambiental - Grupo de Estudos em Conforto Ambiental

57072-920 Campus A.C. Simões Tabuleiro dos Martins, Maceió / AL, Brasil

Email: gmb@fapeal.br, web page: <http://www.ctec.ufal.br/geca>

A. Mattos

Universidade de São Paulo / Escola de Engenharia de São Carlos,

Av. Dr. Carlos Botelho, 1465 – CP 359 CEP 13560-970 São Carlos – SP, Brasil

Email: Armattos@sc.usp.br, web page: <http://www.shs.eesc.sc.usp.br>

RESUMO O trabalho analisa o ambiente térmico urbano de Maceió - AL, de modo a verificar as variações climáticas em frações urbanas com morfologias espaciais diferenciadas. Dentro do núcleo urbano de Maceió, foram realizadas medições móveis em três frações de bairros com características homogêneas entre si de uso e ocupação do solo, refletindo situações típicas de ocupação da cidade. Os resultados das medições de temperaturas do ar permitiram verificar a influência da massa de construção na determinação de microclimas distintos, comprovando a importância de algumas considerações que devem ser levadas em conta no planejamento de espaços urbanos, como a influência de um maior adensamento no aumento da temperatura do ar e a importância do sombreamento dos espaços na amenização das condições microclimáticas urbanas locais.

ABSTRACT This work analyses the urban thermal conditions of Maceió-AL, to verify climatic variations in different urban scenarios. The measurements of air temperature in three urban fractions, reflecting patterns of city's occupation were made. The results showed the influence of the construction mass on different microclimates and confirmed the importance of some considerations in urban planning, such as the influence of

urban density in the increase of air temperature and the importance of shading devices to obtain agreeable local urban microclimates conditions.

1 Introdução

A massa construída das cidades produz alterações na paisagem natural, e, conseqüentemente, no conforto térmico dos ambientes urbanos, resultando em inúmeros microclimas. O fenômeno de "ilhas de calor" (e ilhas frias coexistentes, devido ao sombreamento de edifícios altos), já bastante estudado, tornou-se na verdade sinônimo da própria climatologia urbana (Terjung & O'Rourke, 1980).

Sobre os climas tropicais de baixa latitude, há ainda pouca base científica própria e fundamentada (Oke et al. ,1991). Estima-se que menos de 10% do que é hoje publicado sobre climatologia urbana dizem respeito ao estado da atmosfera tropical ou seus processos fundamentais. Da mesma forma, há ainda pequena quantidade de estudos nos trópicos, em especial as avaliações quantitativas (Tso, 1996).

A presente investigação tem como objetivo identificar microclimas diferenciados através de medições de temperatura do ar sobre 03 frações urbanas da cidade de Maceió, com padrões de ocupação do solo distintos (Barbirato, 1998).

2 Area de Estudo

A cidade de Maceió, capital de Alagoas, está localizada no litoral do Nordeste do Brasil, entre a latitude 9°39'57" Sul e longitude 35°44'07" Oeste, às margens do Oceano Atlântico, desenvolvendo-se sobre uma formação de restinga. 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.

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 e variação anual de 3,4°C entre os valores médios mensais das temperaturas médias (26,7°C em fevereiro e 23,7°C em julho, maior e menor média, respectivamente) 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.

3 Análise do Ambiente Térmico Urbano

3.1 O Trabalho Experimental

Foram tratados e corrigidos dados experimentais através de medições móveis de temperatura do ar em 3 frações urbanas da cidade de Maceió – AL, com padrões de uso e ocupação do solo diferenciados:

- fração urbana com alguma verticalização, mas também com edificações térreas e alguns terrenos vazios (área mista); predominantemente residencial; pouca vegetação (ponto 1);
- fração urbana verticalizada, formada quase na sua totalidade de edificações de múltiplos andares, uso predominantemente residencial; pouca vegetação (ponto 2);
- fração urbana formada quase na sua totalidade de construções térreas, uso predominantemente residencial; pouca vegetação (ponto 3).

Para os pontos medidos, procurou-se selecionar locais com altitudes aproximadamente iguais na cidade, de modo que fossem garantidos termos de comparação climática entre eles. Os pontos são representativos da diversidade da tipologia das edificações existentes na cidade e permitiram percurso rápido entre para as medições móveis em um mesmo horário.

As temperaturas do ar foram sob condições de céu claro – dias 30/04; 1/05, 2/05, 03/05 e 04/05/98 -, caracterizando uma série temporal típica para a área de estudo.

Considerando-se a constância de nível térmico que caracteriza a região, praticamente durante todo o ano, e os objetivos do trabalho, essa amostragem foi considerada satisfatória. As medições diárias realizaram-se em um total de nove horas: 8:00h, 9:00h, 10:00h, 14:00h, 15:00h, 16:00h, 19:00h, 20:00h e 21:00h.

Os dados obtidos pelo trabalho experimental foram tratados e corrigidos de modo a serem obtidas, a partir dos horários observados, curvas de evolução da temperatura do ar para o período de 8:00h às 21:00h.

A Fig.1 mostra o comportamento médio diário das temperaturas nos diversos pontos medidos e os dados colhidos em estação meteorológica de referência. A tabela 1 apresenta os desvios padrão entre os diversos dias medidos e os obtidos em estação meteorológica de referência. A tabela 2 mostra o tratamento estatístico efetuado para as médias de temperatura dos pontos de medição.

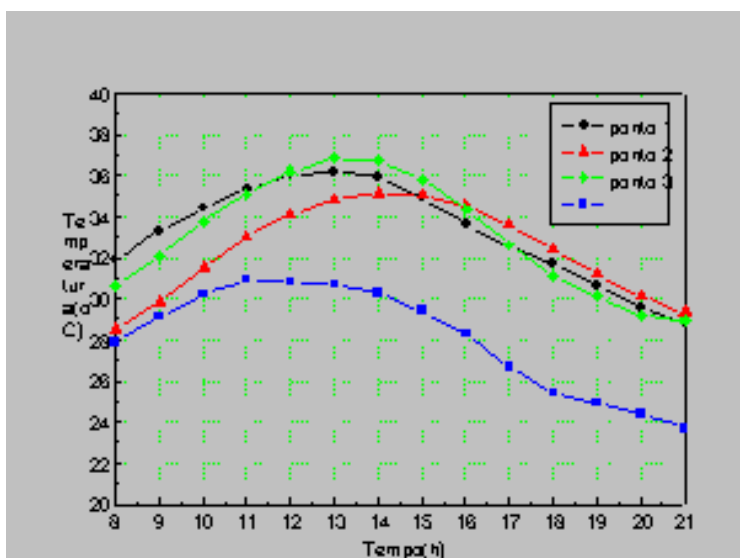


Fig.1 Temperaturas do ar médias para o período observado.

Tab.1 Desvios padrão para o período de análise

| | ESTAÇÃO | PONTO | PONTO | PONTO |
|-------|---------------|-------|-------|-------|
| DATA | METEOROLÓGICA | 1 | 2 | 3 |
| 30/04 | 2,592 | 2,628 | 2,433 | 2,692 |
| 1/05 | 2,549 | 2,096 | 2,036 | 2,882 |
| 2/05 | 2,537 | 2,542 | 2,392 | 2,647 |
| 3/05 | 2,318 | 2,153 | 2,019 | 2,909 |
| 4/05 | 2,421 | 2,306 | 2,310 | 2,652 |

Tab.2 Análise estatística com os valores médios dos pontos de medição

| PONTO | DESVIO PADRÃO (%) | COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (%) | VARIÂNCIA (%) | CO-VARIÂNCIA (%) |
|---------|-------------------|-------------------------------|---------------|------------------|
| 1 | 2,34 | 0,96 | 5,4 | 5,5 |
| 2 | 2,20 | 0,55 | 4,9 | 3,0 |
| 3 | 2,72 | 0,89 | 7,4 | 5,9 |
| ESTAÇÃO | 2,45 | - | 6,0 | - |

3.2 Análise dos Resultados

Em função dos resultados obtidos, observa-se que as massas edificadas produziram, claramente, efeitos de elevação da temperatura interna do ar da cidade. As curvas de evolução da temperatura do ar mostram pequenas variações, em valores absolutos, entre as diversas frações urbanas, 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 distribuição da temperatura do ar mostra um comportamento relativamente uniforme para os três pontos, com aumento gradativo de temperatura entre 8:00h e 14:00h, 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 (ponto de referência), comprovando a modificação térmica provocada pelo meio urbano no clima da cidade.

Entre 8:00h e 11:30h, o aquecimento progressivo das temperaturas dos pontos medidos mostra, por um lado, o ponto 2, que reúne maior massa construída, com temperaturas menores que os demais pontos - devido ao sombreamento proporcionado pelas edificações altas, que impedem a exposição direta da radiação solar e necessitam de mais tempo para aquecer- e o ponto 1, que apresenta maiores valores de temperatura que os demais pontos.

A curva de evolução de temperatura do ponto 3 é mais acentuada, já que este ponto apresenta características de morfologia urbana - edificações térreas - que favorecem maior exposição da radiação solar durante o dia.

Entre 11:30h e 15:00h, o ponto 3 já passa a apresentar maiores valores de temperaturas que os outros pontos de medição. Durante esse período, observa-se também que, enquanto as curvas correspondentes às temperaturas do ar dos pontos 1 e 3 começam a decair, no ponto 2 a curva ainda é ascendente, devido ao fator de atraso térmico resultante do aquecimento da maior massa construída.

Entre 15:00h e 16:00h, o ponto 2 passa a apresentar temperaturas superiores às do ponto 1 de medição, consolidando-se como a fração urbana que apresenta maiores valores de temperaturas a partir das 16:00h, quando a intensidade de radiação solar é menor que o calor cedido pela transferência por convecção, mais rápida e em maior quantidade.

A partir de 15:00h, as diferenças entre os valores de máximas temperaturas foi pequena, em parte devido à redução dos ganhos térmicos solares e ao sombreamento das edificações.

Entre 17:30h e 21:00h, os pontos de medição 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. De qualquer forma, o ponto 2 apresenta temperaturas um pouco maiores e o ponto 3 menores valores de temperatura que os demais pontos nesse período.

Os valores médios máximos de temperatura nos pontos de medições móveis sofrem atraso em relação aos valores máximos registrados na estação meteorológica. Essas diferenças de temperatura verificadas devem-se à capacidade de armazenamento de energia das diferentes massas construídas dos distintos entornos.

O maior atraso térmico ocorrido no ponto 2 (temperatura máxima às 14:00h) justifica-se pela maior capacidade de armazenamento de energia térmica da massa construída. No ponto 3, onde há predominância de edificações térreas, o atraso térmico é um pouco menor (temperatura máxima às 13:00h), o mesmo ocorrendo com o ponto 1, onde há peculiaridades locais como um maior espaçamento entre as edificações térreas e de multi - andares, além da presença de terrenos vazios.

As maiores diferenças de temperatura entre os pontos e as temperaturas da estação ocorreram no período da tarde, quando há maior influência do aquecimento dos materiais e superfícies urbanas.

A menor amplitude apresentada pelo ponto 2 (5,8° C) em relação aos pontos 1 e 3 (7,4 ° C e 7,9 ° C, respectivamente) justifica-se pelo fato de que, por caracterizar-se pela presença predominante de edificações altas, recebe pouca insolação durante todo o dia, produzindo condição microclimática agradável devido ao efeito de sombreamento das edificações altas e temperaturas um pouco mais baixas que os outros pontos, ao longo do dia. Entre 17:00h e 21:00h, entretanto, apresenta valores médios de temperatura pouco acima dos demais pontos, caracterizando-se aí o resultado do armazenamento de energia da maior massa edificada.

O ponto 3 apresentou maiores amplitudes térmicas diárias, já que, com edificações predominantemente térreas (horizontais), há maior aquecimento diurno, por estar mais exposta à insolação durante o dia. Por outro lado, apresentou esfriamento mais rápido a partir do fim do período da tarde.

4 Conclusões

A análise térmica evidenciou a interferência da malha urbana na modificação do clima local embora, em valores absolutos, as diversas tipologias urbanas mostraram 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.

De qualquer forma, uma análise comparativa entre os pontos de medição mostra tendências diferenciadas na totalidade da curva, com valores de temperatura mais altos para o ponto menos adensado - ponto 3, seguido do ponto 1 (área mista), e do ponto 2 (área verticalizada).

Os resultados apresentados pela análise térmica demonstraram diferenças significativas de temperatura das frações urbanas estudadas, para o período de 8:00h às 21:00h, em relação à estação meteorológica, comprovando o aumento da temperatura do ar na cidade, devido à urbanização.

O trabalho procurou enfatizar, portanto, a importância de algumas considerações que devem ser levadas em conta em planejamento de espaços urbanos, como a influência de um maior adensamento no aumento da temperatura do ar e a importância do sombreamento dos espaços na amenização de condições microclimáticas urbanas locais.

Nesse contexto, torna-se importante o desenvolvimento de pesquisas que auxiliem o planejador urbano nas diversas alternativas de organização dos espaços urbanos, fundamentadas não apenas em critérios técnicos e de desenho, mas também com ênfase em critérios ambientais, entre os quais, o de conforto térmico dos ambientes urbanos.

Sabe-se que uma das grandes discussões hoje sobre a otimização dos espaços urbanos está no adensamento, ou não, dos centros das cidades, e os impactos ambientais conseqüentes. Do mesmo modo, áreas de crescente valorização imobiliária nas grandes, médias e pequenas cidades são desordenadamente ocupadas.

Muito há ainda a ser estudado e acrescentado sobre ao assunto, para que se possa levar o conhecimento ambiental às esferas de decisão e gestão dos espaços urbanos. Acredita-se que o aumento do reconhecimento da importância da questão ambiental

urbana nos problemas de planejamento e conforto ambiental dos espaços urbanos poderá trazer maior divulgação e, conseqüentemente, maior atenção à essa área.

5 Referências Bibliográficas

Barbirato, G. M.(1988). *Aplicação de modelo de balanço de energia para análise do ambiente térmico urbano de Maceió – AL*, Tese de Doutorado, SHS, EESC, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo.

Katzschner, L. (1988). The urban climate as a parameter for urban development. *Energy and Buildings*, v.11, n.1-3, p.137-147.

Landsberg, H.E.(1981). *The urban climate*. New York, Academic Press, 276p.

Oke, T.R.(1996). *Boundary layer climates*, Routledge, New York.

Oke, T.R., ed.(1986). Technical Conference on Urban Climatology and its applications with Special Regard to Tropical areas, *Proceedings*, Mexico, 1984, WMO n.652.

Oke, T.R., Taesler, R. and Olsson, L.(1991). The tropical urban climate experiment (TRUCE), *Energy and Buildings*, vol.15-16, n. 1-2, pp.67-73.

SAMPAIO, A.H.L. (1981) *Correlações entre uso do solo e ilha de calor no ambiente urbano: o caso de Salvador*. São Paulo, 103p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

Souza, L. C. L. de (1996). *Influência da geometria urbana na temperatura do ar ao nível do pedestre*. São Carlos, SP, 125p. Tese (Doutorado). Departamento de Hidráulica e Saneamento, EESC, Universidade de São Paulo.

Terjung, W.H., & O'Rourke, P. ^a(1980). Simulating the causal elements of urban heat islands, *Boundary-Layer Meteorology*, n.19, pp.93-118.

Tso, C.P.(1996). A survey of urban heat island studies in two tropical cities, *Atmospheric Environment*, vol.30, n. 3, pp. 507-519.