

VEGETAÇÃO URBANA: ANÁLISE EXPERIMENTAL EM CIDADE DE CLIMA QUENTE E ÚMIDO

**BARBOSA, Ricardo V.R.(1); BARBIRATO, Gianna M.(2);
VECCHIA, Francisco A. S.(3)**

(1) EESC/USP, Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada
e-mail: rvictor@sc.usp.br

(2) Universidade Federal de Alagoas
Grupo de Estudos em Conforto Ambiental-GECA
e-mail: gmb@ctec.ufal.br

(3) EESC/USP, Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada
e-mail: fvecchia@sc.usp.br

RESUMO

O presente trabalho analisou o ambiente urbano de Maceió-AL, com vistas a enfatizar a importância da vegetação urbana no processo de redução do consumo energético e como modificador das condições iniciais do clima, por meio da criação de espaços mais adequados ao Conforto Térmico, em escala de abordagem espacial microclimática. Foram realizadas medições de variáveis climáticas em áreas verdes urbanizadas e em áreas desprovidas de vegetação, considerando os atributos da forma urbana e as características das espécies arbóreas. Constatou-se que a presença de vegetação influenciou alterando os resultados esperados no que tange aos valores da temperatura e da umidade relativa do ar, da direção dos fluxos de ventos, de modo a determinar microclimas favoráveis ao Conforto, na malha urbana, o que confirma o impacto positivo da vegetação urbana na melhoria das condições microclimáticas, principalmente na redução do rigor térmico, em cidades de clima quente e úmido, aliado à baixa latitude. Neste contexto, os resultados das medições realizadas indicam a necessidade de ressaltar a importância de espaços verdes e sua influência na determinação do microclima urbano na forma de elemento amenizador dos efeitos térmicos provocados pela urbanização, destacando-se, ainda, a importância do restabelecimento das condições naturais do Meio Ambiente.

ABSTRACT

The present work analyzed the urban environment of Maceio city under the approach of the importance of the urban wooded sites in the reduction of the energy consumption and as microclimatic modifier. Measurements of climatic variable in urban green areas and areas without trees had been carried through, considering the attributes of the urban form and the characteristics of the trees species. One inside evidenced that the vegetation presence acts in the results of temperature of air, relative humidity of air, direction and speed of the winds, creating favorable microclimates of the urban areas. It confirms the impact of the urban vegetation in the improvement of the climatic conditions, mainly in the amortization of the thermal severities in cities of hot and humid climate of low latitude. In this context, one stands out it importance of the green spaces and its influence in the urban microclimate as cooling component of the harmful effect of the urbanization and in the reestablishment of the natural conditions of the environment.

1. INTRODUÇÃO

Os processos de urbanização e industrialização, ao mesmo tempo em que constituem bom indicador do nível de desenvolvimento e progresso alcançado, também tem se comportado como um grande problema, podendo-se exemplificar na visível degradação do meio ambiente urbano e de sua qualidade de vida. As alterações climáticas decorrentes da ocupação desordenada do solo implicam em desconforto aos habitantes da urbe e também repercutem no desempenho energético da cidade.

Nesse contexto, a vegetação desempenha diversas funções como elemento do espaço urbano, como: ornamentais, paisagísticas, controle de ruídos e filtragem da poluição atmosférica, bem como elemento modificador do microclima, de modo a adequar o comportamento térmico do arranjo urbano. Além disso, a presença da vegetação tem implicações termodinâmicas que repercutem decisivamente no desempenho energético da cidade. Desse modo, o conhecimento de parâmetros que qualifiquem e quantifiquem os benefícios trazidos pela vegetação na amenização do comportamento climático nos recintos urbanos é de grande importância para profissionais que atuam no planejamento urbano.

A cidade de Maceió, de clima quente e úmido, atravessa um intenso crescimento urbano caracterizado, sobretudo, pela expansão horizontal e adensamento vertical, o qual ocorre de forma contínua e desordenada, que evidencia falta de respeito às condições naturais do meio existente, resultando em prejuízos ao ambiente urbano e comprometendo a qualidade de vida de seus habitantes. Mediante a falta de um planejamento urbano eficiente e de políticas de fiscalização mais rígidas, observa-se a degradação dos espaços verdes da cidade, em especial os situados nas áreas de encostas, nos vales e grotas, além dos jardins residenciais, praças e parques urbanos e canteiros centrais.

A pressão do mercado imobiliário é fator crucial neste processo de degradação da qualidade de vida dos indivíduos e das adequadas condições ambientais. Este segmento de construção civil e comércio defende o aumento das áreas impermeabilizadas e diminuição da largura das calçadas, em detrimento da existência da vegetação urbana, o que implica na redução do percentual de áreas verdes, principalmente, nos novos loteamentos. Um outro fator que tem contribuído de forma significativa para a redução do índice de vegetação dentro da malha urbana são os assentamentos ilegais existentes nas áreas de encostas e fundo de grotas.

2. OBJETIVOS

O trabalho objetivou analisar o ambiente urbano de Maceió - AL, sob o enfoque da importância da vegetação urbana na redução do consumo energético e como elemento modificador em escala microclimática, com vistas a valorizar o uso desse recurso na forma de implantação e manutenção de áreas verdes, em espaços públicos, de modo a contribuir para a melhoria da qualidade de vida urbana.

Neste sentido a pesquisa visou dar continuidade às investigações realizadas pelo Grupo de Estudo em Conforto Ambiental - GECA, que desenvolve linha de pesquisa sobre o clima urbano, adotando procedimentos metodológicos que indicam os atributos determinantes nas alterações do clima da cidade, de modo a orientar novas intervenções aplicadas aos espaços urbanos. Em BARBIRATO et al. (2000) e BARBOSA et al. (2000), pode-se traçar algumas características peculiares ao clima urbano da cidade de Maceió por meio de pesquisa experimental realizada. Nela se constatou que o aquecimento mais acentuado de recintos urbanos na cidade de Maceió ocorreu entre às 06:00h e 09:00h e com tendência ao resfriamento no período vespertino, entre 15:00h e 18:00h. Após o pôr do Sol, as temperaturas nos recintos analisados rapidamente se estabilizaram, caracterizando o efeito denominado “ilha de calor urbano”, peculiar de regiões de baixa latitude com clima quente e úmido.

Os recintos urbanos que margeiam o Oceano Atlântico e a Lagoa Mundaú, ambos monitorados experimentalmente na pesquisa, apresentaram maiores temperaturas durante o período vespertino e noturno, ocasionado pela baixa amplitude térmica verificada nesses recintos. Os pontos de cotas topográficas elevadas, localizadas sob os tabuleiros, apresentaram maiores variações nos valores das temperaturas diárias em comparação aos recintos localizados na planície litorânea. Os recintos urbanos climaticamente mais favoráveis em Maceió estão localizados em áreas residenciais, com áreas verdes

de dimensões significativas e bem arborizada, em regiões elevadas da cidade e com reduzido índice de verticalização. Os pontos termicamente desfavoráveis foram observados nas áreas de uso comercial ou misto, com pouca ou nenhuma presença de vegetação, em cotas baixas, com tráfego intenso de veículos e de pedestres, aliado ao alto índice de verticalização.

3. METODOLOGIA

A análise do comportamento térmico de ambientes externos foi realizada por meio de medições móveis. Os seguintes elementos do clima foram monitorados: temperatura e umidade relativa do ar, velocidade e direção do fluxo de ventos, registrados em distintos pontos de observação, localizados no interior de recintos urbanos, onde a presença do elemento vegetal pode ser considerada significativa, assim como a sua atuação como componente de modificação do clima, em escala microclimática.

Os registros de valores dos elementos climáticos foram realizados simultaneamente nos seguintes horários: 06:00h, 09:00h, 12:00h, 15:00h, 18:00h e 21:00h; em condições de céu claro e ar calmo, tomados em três dias alternados do mês de fevereiro/2002, sendo estes um domingo e dois dias durante a semana, a fim de avaliar o desempenho da vegetação mediante a influência do calor gerado por atividades de caráter antropogênico, nos diversos recintos analisados.

Os dados de temperatura do ar foram obtidos por meio de termômetros digitais portáteis. A velocidade média do ar foi registrada por termo-anemômetros digitais e, no que tange a direção predominante dos ventos, foi utilizada uma bússola magnética.

A tomada de registros como respeito aos elementos climáticos foi realizada a uma altura de 1,50m do solo, com o objetivo de obter dados correspondentes ao nível de altura do peitoral do usuário - respeitando-se a altura média do indivíduo brasileiro -, com sensores protegidos da radiação solar direta, com vistas a evitar a ocorrência de alterações nos dados coletados. Adotou-se a metodologia utilizada por SHASHUA-BAR *et al* (2000), na qual são tomadas duas avenidas para análise, uma com característica de farta vegetação e, outra, com característica árida. A análise do efeito resfriador provocado pela avenida vegetada em relação à avenida árida foi obtida por meio dos dados coletados e sua correlação feita com “pontos de referência”, determinados de acordo com dois critérios: (a) o ponto de referência deve estar a uma proximidade de 50 a 100m ao ponto em análise; (b) o ponto referencial deve ser desprovido de vegetação e estar exposto à insolação direta.

Dessa forma, foram realizadas medições móveis a partir do estabelecimento de três recintos distintos com presença significativa de vegetação no tecido urbano, o que se define um “ponto de referência” para cada local em análise, totalizando seis pontos com características tipológicas distintas e específicas na malha urbana, mostradas na tabela 1:

Tabela 1 – Características dos Pontos de Medição

PONTO	BAIRRO	ALTITUDE	USO DO SOLO	TIPOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES	TRÁFEGO DE VEÍCULOS	VEGETAÇÃO
P1	Ponta Verde	4,9m	Residencial	>4 pavimentos	Regular	Grupamento homogêneo
Ref.1		4,4m	Residencial	>4 pavimentos	Regular	Ausente
P2	Farol	42,1m	Comercial	Térreo	Intenso	Grupamento heterogêneo
Ref. 2		42,5m	Comercial	Térreo	Intenso	Ausente
P3	Centro	5,8m	Misto	<4 pavimentos	Intenso	Grupamento homogêneo
Ref. 3		5,1m	Misto	Térreo	Intenso	ausente

4. RESULTADOS

As tabelas 2, 3 e 4 mostram as médias dos dados coletados durante o período em análise. As figuras 1, 2 e 3 mostram os perfis térmicos dos pontos 1, 2 e 3, respectivamente, e de seus correspondentes pontos de referência, para o período observado.

Tabela 2: Médias Horárias dos Dados Coletados no Ponto 1 e no ponto de Referência Correspondente.

		Temperatura Bulbo Seco (°C)	Temperatura Bulbo Úmido (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)	Fluxo Mínimo do Ar (m/s)	Fluxo Máximo do Ar (m/s)	Fluxo Vetorial Médio do Ar (m/s)
06:00	P1	27,7	26,6	93	0,21	2,19	0,45
	Ref.1	28,1	25,2	78	0,08	1,90	0,48
09:00	P1	29,9	27,7	86	0,09	2,19	0,64
	Ref.1	31,4	27,6	73	0,18	3,32	1,65
12:00	P1	31,3	28,2	80	0,11	3,78	1,67
	Ref.1	31,8	27,1	68	0,14	4,04	2,18
15:00	P1	30,4	29,1	89	0,11	3,56	1,71
	Ref.1	31,6	28,4	80	0,16	2,21	1,89
18:00	P1	29,4	27,2	86	0,07	2,00	0,85
	Ref.1	29,8	27,1	83	0,08	2,51	1,28
21:00	P1	29,2	27,4	86	0,10	2,28	0,76
	Ref.1	29,6	26,6	79	0,12	2,58	1,03

Tabela 3: Médias Horárias dos Dados Coletados no Ponto 2 e no Ponto de Referência Correspondente.

		Temperatura Bulbo Seco (°C)	Temperatura Bulbo Úmido (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)	Fluxo Mínimo do Ar (m/s)	Fluxo Máximo do Ar (m/s)	Fluxo Vetorial Médio do Ar (m/s)
06:00	P2	27,1	25,7	89	0,07	1,73	0,33
	Ref.2	28,2	24,9	74	0,09	2,43	0,71
09:00	P2	30,2	27,4	79	0,08	4,13	1,88
	Ref.2	32,7	26,5	63	0,12	4,12	1,20
12:00	P2	30,9	27,0	73	0,13	4,58	2,41
	Ref.2	32,3	26,0	60	0,10	4,95	1,57
15:00	P2	30,4	28,3	86	0,11	4,57	1,73
	Ref.2	30,8	26,6	73	0,11	6,57	1,59
18:00	P2	28,8	26,6	86	0,08	3,26	1,35
	Ref.2	29,2	23,9	65	0,10	2,92	0,62
21:00	P2	28,5	25,9	82	0,07	3,60	1,09
	Ref.2	28,8	25,0	76	0,09	2,90	0,71

Tabela 4: Médias Horárias dos Dados Coletados no Ponto 3 e no Ponto de Referência Correspondente.

		Temperatura Bulbo Seco (°C)	Temperatura Bulbo Úmido (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)	Fluxo Mínimo do Ar (m/s)	Fluxo Máximo do Ar (m/s)	Fluxo Vetorial Médio do Ar (m/s)
06:00	P3	27,9	25,8	85	0,09	1,71	0,29
	Ref.3	28,9	26,1	79	0,10	2,52	0,65
09:00	P3	31,2	28,1	80	0,10	4,21	1,22
	Ref.3	32,6	27,7	68	0,14	4,13	1,92
12:00	P3	31,3	27,4	73	0,11	2,87	1,11
	Ref.3	32,6	27,4	68	0,16	3,59	1,18
15:00	P3	30,5	27,1	76	0,08	3,50	1,77
	Ref.3	31,4	27,7	77	0,13	4,18	1,38
18:00	P3	29,2	26,0	79	0,16	2,56	0,90
	Ref.3	29,8	25,9	73	0,10	3,00	1,09
21:00	P3	29,1	26,2	79	0,09	2,40	0,81
	Ref.3	29,2	26,7	82	0,11	3,67	1,37

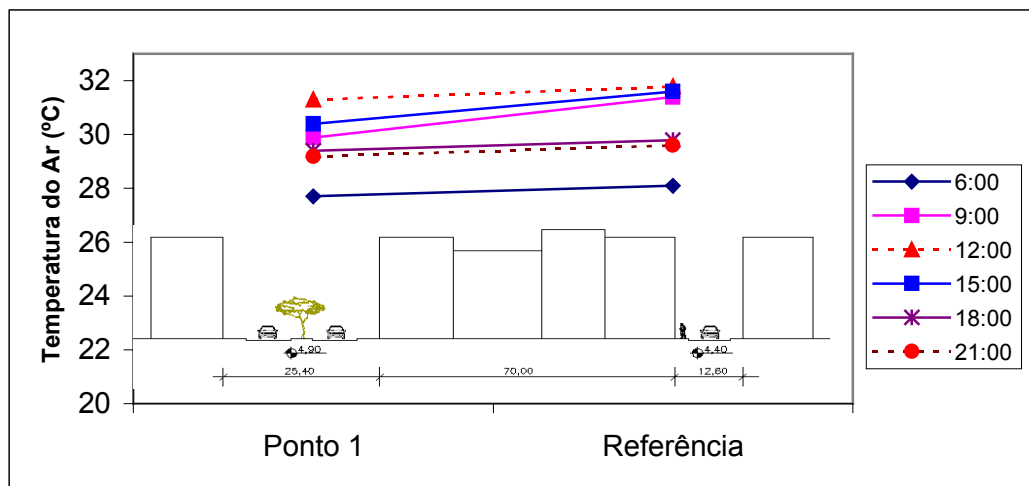


Figura 1: Perfil Térmico do Ponto 1, e do Ponto de Referência Correspondente para o período observado.

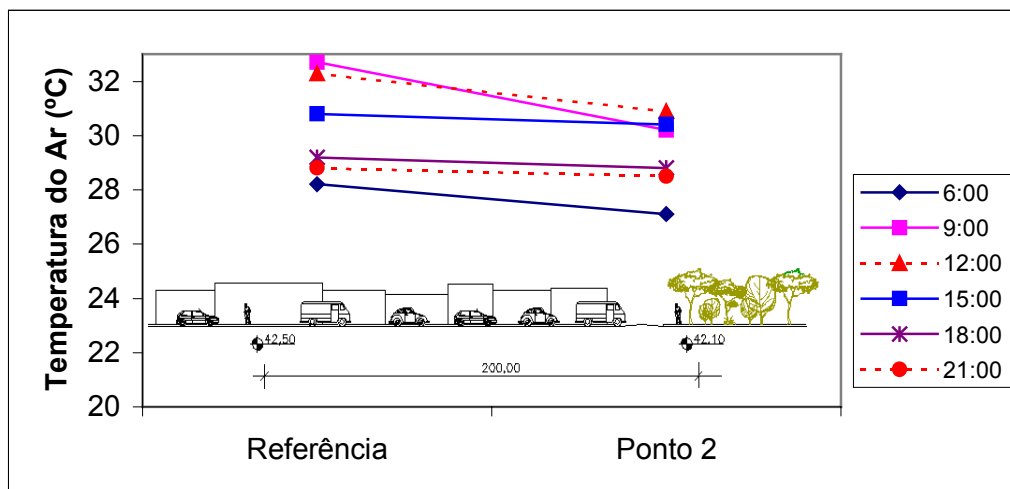


Figura 2: Perfil Térmico do Ponto 2, e do Ponto de Referência Correspondente, para o período observado.

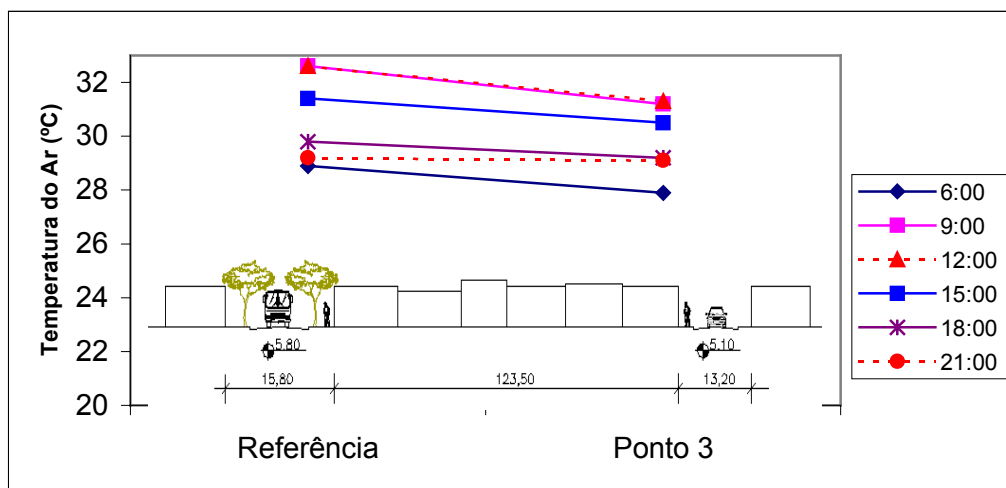


Figura 3: Perfil Térmico do Ponto 3, e do Ponto de Referência Correspondente, para o período observado.

De acordo com os resultados apresentados, pode-se constatar que a influência das áreas verdes monitoradas sobre as condições térmicas de diferentes recintos urbanos na cidade de Maceió-AL pode ser considerada significativa para o conforto humano. Destaque-se, nesse sentido, os valores da umidade relativa do ar que em todos os recintos é quase a mesma, com valores em torno de 78%.

A análise dos perfis térmicos das áreas estudadas evidencia o efeito amenizador, do ponto de vista térmico, que é proporcionado pela presença da vegetação nos diversos recintos urbanos, reduzindo os valores da temperatura do ar, sobretudo nos horários entre 09:00h e 15:00h.

A menor temperatura média horária, da ordem de 27,7°C, foi registrada no ponto 2, localizado na praça Centenário, às 06:00h, enquanto que a média do ponto de referência correspondente foi de 28,2°C, para o mesmo horário, representando uma diferença da ordem de 1,1°C, para uma amplitude térmica média diária de 4°C. Dessa forma, ressalte-se que ao nascer do Sol já se apresentam indícios da ocorrência da amplitude térmica aliada às diferenças de temperatura do ar entre a área com vegetação em contraposição com a área de característica árida.

As maiores diferenças de temperatura entre os pontos vegetados e seus respectivos pontos de referência – locais áridos, ocorreram às 09:00h, quando os recintos passam por um acelerado aquecimento, uma vez que neste intervalo de tempo é percebido o maior e o mais rápido aumento dos valores da temperatura do ar. As áreas arborizadas apresentaram, em todos os pontos, um aquecimento mais lento que seus respectivos pontos de referência, chegando a apresentar temperaturas do ar menores, da ordem de 1,5°C, no ponto 1 – avenida Sandoval Arroxelas; de 2,5°C, no ponto 2 – praça Centenário; e de 1,4°C, no ponto 3 – rua Augusta.

As menores diferenças de temperatura do ar ocorridas entre os pontos correlacionados, foram registradas nos horários de 06:00h, 18:00h e 21:00h, indicando uma relação direta entre o papel atenuante da vegetação sobre as temperaturas e da atuação dos efeitos da radiação solar incidente sobre as superfícies.

Os melhores resultados do desempenho da vegetação como amenizador térmico nos recintos urbanos foram observados no ponto 2 – praça Centenário, o que leva a sugerir que espaços com vegetação heterogênea e copas não muito densas demonstram melhores resultados, no que se refere à obtenção de ambientes com temperaturas do ar mais amenas. Por outro lado, a vegetação heterogênea junto à pequena densidade das copas favorece o movimento do fluxo de ar, ao nível do usuário, que é um elemento auxiliar e que contribui no processo de trocas térmicas.

Os resultados menos satisfatórios foram encontrados no ponto 3 – rua Augusta -, devido à forma de agrupamento de caráter homogêneo e, sobretudo, pela forma e pela densidade das copas, que

apresentam verdadeiras barreiras à penetração dos ventos, reduzindo sensivelmente o fluxo de ar em seu interior.

Observou-se, ainda, a inexistência do fenômeno de “ilha de calor urbano” nos pontos analisados sob a influência de vegetação, visto que nesses pontos o aquecimento dos recintos se processa de forma mais lenta e, posteriormente, após às 15:00h, voltam a se resfriar, período em que a radiação solar não se apresenta tão intensa.

A análise dos perfis urbanos estudados demonstrou que os recintos próximos às áreas vegetadas, adotados sob denominação de ponto de referência, apresentaram valores de temperatura do ar mais elevados, quando comparados aos espaços com presença de vegetação. Os referidos recintos apresentaram, em média, diferenças máximas às 12:00h, com valores da ordem de 1,5°C no bairro Ponta Verde; 2,5°C no bairro Farol; e, finalmente, 1,4°C no Centro.

5. CONCLUSÕES

A presente investigação se trata de uma primeira abordagem, de caráter experimental, composta por fragmentos, considerando-se a variada gama de recintos urbanos presentes na cidade de Maceió-AL, a complexidade do estudo do clima em escala microclimática e a diversidade de espécies arbóreas existentes, com características peculiares, que certamente influenciam na avaliação de seu comportamento térmico. Dessa forma, a pesquisa evidenciou a necessidade de intensificação de novos estudos com geração de dados que possam subsidiar diretrizes definitivas que indiquem o uso eficaz da vegetação no espaço urbano no que tange às investigações do comportamento térmico dos espaços.

Mediante o exposto, evidencia-se a necessidade premente de se estabelecerem políticas públicas em relação ao uso da vegetação para melhorar a qualidade de vida, bem como o favorecimento de economia de energia, de evitar a formação de fenômenos denominados de “ilhas de calor”, entre outras particularidades adequadas ao espaço urbano. Entretanto, é necessário que o planejamento da cidade não ignore os aspectos climáticos, e que sejam traduzidos em critérios de planejamento, evidenciando a relevância dos espaços verdes na obtenção de melhores condições térmicas, favoráveis ao bem-estar de seus habitantes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBIRATO, G. M.; BARBOSA, R. V. R.; FERNANDES, E. F.; TELES, V. R.; OLIVEIRA, T. C. S. Análise do Clima Urbano de Maceió-AL: comparações entre diversas escalas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11. Rio de Janeiro, 2000. *Anais...* Rio de Janeiro: Centro Cultural da UERJ, 2000.
- BARBOSA, R. V. R.; BARBIRATO, G. M.; FERNANDES, E. F.; MORAES, C. S. A influência da Proximidade de Massas D'água em Ambiente Climático Urbano de Maceió-Alagoas. In: VI ENCONTRO NACIONAL E III ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, São Pedro, *Anais...* [CD ROM], 2001.
- CANTUÁRIA, G. A. C. *Microclimatic Impact of Vegetation on Building Surfaces*. Londres, 1995. Dissertação de Mestrado – Environment and Energy Studies Programme: Architectural Association Graduate School.
- LANDSBERG, H.E. *The Urban Climate*. New York: Academic Press, 1981.
- OKE, T. R. *The Micrometeorology of the Urban Forest*, J. Phil. R. Sec. Land. B 324, p.335-349, 1989.
- ROBINETTE, G.O. *Plant, People and Environment Quality*. Washington, D.C.: Department of the Interior, National Park Service, 1972.

- SHASHUA-BAR, L.; HOFFMAN, M. E. Vegetation as a Climatic Component in the Design of a Urban Street: An Empirical Model for Predicting the Cooling Effect of Urban Green Areas with Trees. *Energy and Buildings*, v.31, p. 221-235, 2000.
- SPIRN, A. W. *O Jardim de Granito: a natureza no desenho da cidade*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1995.