

RAFAEL PONCE AMORIM E SOLANGE MARIA LEDER

Análise da magnitude da influência climática de um remanescente de Mata Atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido: estudo de caso em João Pessoa-PB

Analysis of the influence of a green area on its urbanized surroundings in a hot humid climate: a case study in João Pessoa/PB.

Análise da magnitude da influência climática de um remanescente de Mata Atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido: estudo de caso em João Pessoa-PB

Analysis of the influence of a green area on its urbanized surroundings in a hot humid climate: a case study in João Pessoa/PB.

Rafael Ponce de Leon Amorim é Arquiteto e Urbanista com, especialização em Educação Ambiental e mestrado em Engenharia Urbana pela Universidade Federal da Paraíba. Atualmente é Professor Efetivo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba.

Solange Maria Leder é Arquiteta e Urbanista, com mestrado em Engenharia de Produção e doutorado em Engenharia Civil (UFSC); foi pesquisadora no Solar Institut Juelich - Alemanha e foi docente no curso de Arquitetura e Urbanismo das instituições: Universidade de Passo Fundo; Universidade de Caxias do Sul e no Instituto Superior Tupy, Joinville. Atualmente é coordenadora do curso de Arquitetura e Urbanismo e do Laboratório de Conforto Ambiental da Universidade Federal da Paraíba. É docente do Programas de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo e em Engenharia Urbana e Ambiental.

Rafael Ponce de Leon Amorim is Architect and Urban Planner with specialization in Environmental Education and a Masters in Urban Engineering from the Federal University of Paraíba. He is currently a Professor at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Paraíba.

Solange Maria Leder is Architect and Urban Planner with a Masters in Industrial Engineering and PhD in Civil Engineering (UFSC); was a researcher at the 'Solar Institute Juelich' - Germany and was a lecturer in the Architecture and Urbanism Faculty of the following institutions: University of Passo Fundo, University of Caxias do Sul and Tupy Superior Institute in Joinville. She is currently coordinator of the Architecture and Urbanism Faculty and the Environmental Comfort Laboratory of the Federal University of Paraíba and also teaches in the Postgraduate Programs in Architecture and Urbanism and Environmental Engineering.

Análise da magnitude da influência climática de um remanescente de Mata Atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido: estudo de caso em João Pessoa-PB

Analysis of the influence of a green area on its urbanized surroundings in a hot humid climate: a case study in João Pessoa/PB.

RESUMO

A vegetação no espaço urbano configura-se em uma importante estratégia climática para mitigação do calor. Contudo, para o melhor aproveitamento desse potencial, faz-se necessário o estudo de formas mais eficientes de implantação das áreas verdes no tecido urbano, relacionando-as ao contexto climático de cada local. Nesse sentido, esta pesquisa analisou a influência climática de um remanescente de mata atlântica em João Pessoa/PB, sobre a área urbana do seu entorno, a partir do monitoramento das variáveis temperatura e umidade do ar nos períodos de inverno e verão. As variáveis climáticas foram monitoradas em três transectos no entorno e um ponto no interior da mata, totalizando 13 pontos de coleta. Os locais de monitoramento do entorno foram posicionados a sotavento da mata, distanciando-se 0, 150, 300 e 450 metros de sua borda. Observou-se que as temperaturas médias do ar no período de verão foram em geral 3° C, superiores às de inverno, enquanto a umidade relativa do ar foi cerca de 15% inferior. Nos dois períodos analisados as menores temperaturas foram registradas nos pontos iniciais de cada transecto, área de borda da mata, enquanto, as mais elevadas foram observadas nos pontos finais, a 450 metros. A maior diferença de temperatura máxima do ar entre pontos ocorreu às 13h, sendo 3° C no inverno e 2,8° C no verão. Entretanto, não foi possível identificar um aumento gradual de temperatura relacionado exclusivamente ao distanciamento da mata, o que evidencia a influência das características físicas locais na composição do microclima e a importância da distribuição da vegetação.

Palavras-chave: Clima Urbano; Áreas Verdes; Amenização Climática.

ABSTRACT

Vegetation in a city represents an important strategy for heat mitigation. However, in order to better harness this potential, it is necessary to explore more effective ways to incorporate green areas into the urban fabric and link them to the climate of each location. This study examined the climatic influence of a remnant of Atlantic Forest in João Pessoa, in the northeastern Brazilian state of Paraíba, on the surrounding urban environment, based on monitoring the variables of air temperature and humidity during the winter and summer. The climatic variables were monitored at points along three transects in the vicinity of the forest and at one point inside it, totaling thirteen data collection points. These points were set up on the leeward side of the forest at a distance of 0, 150, 300 and 450 meters from its edge. It was found that the average air temperatures in summer were generally 3°C higher than those in winter, whereas the relative air humidity was about 15% lower. In the two periods studied, the lowest temperatures were recorded at the initial points of each transect, that is, at the edge of the forest, while the highest temperatures were registered at the final points, that is, 450 meters away from the edge. The biggest difference in maximum air temperatures between points was recorded at 1 pm: 3°C in the winter and 2.8°C in the summer. However, it was not possible to identify a gradual rise in temperature due solely to distance from the forest, which indicates the influence of local physical characteristics in the makeup of the microclimate and the importance of distribution of vegetation

Keywords: Urban Climate, Green Areas, Climate Mitigation.

Introdução

A intensificação dos impactos ambientais resultante das alterações climáticas, locais e globais, configura-se em um dos principais desafios enfrentados no final do século XX e início do século XXI. Sabe-se que o clima da Terra é dinâmico e que passa por constantes alterações devido a causas naturais que alteram a composição atmosférica. Porém, a ação humana intensifica esse processo de forma acelerada, acentuando a temperatura global, principalmente através da concentração na atmosfera de gases que provocam o efeito estufa.

As consequências do aquecimento nas grandes cidades tendem a se ampliar com a intensificação da urbanização, pois, como apontado por Monteiro (1976), a cidade modifica o clima, principalmente através das alterações nas superfícies, na rugosidade e na composição atmosférica, produzindo elevação na temperatura do ar, modificação da ventilação, diminuição da umidade e aumento de precipitação. Como consequência da falta de planejamento ambiental adequado nas cidades, percebe-se uma potencialização das situações climáticas extremas, tais como enchentes e ondas de calor.

A utilização de vegetação na cidade como elemento mitigador do rigor climático é uma importante estratégia para impedir a concentração de energia e favorecer a eficiência energética das edificações. De acordo com Gartland (2010), a vegetação reduz a formação de ilhas de calor urbanas principalmente através de dois elementos: o sombreamento e a evapotranspiração. O sombreamento das superfícies urbanas contribui para redução da temperatura superficial e, conseqüentemente, para a redução da temperatura radiante; a evapotranspiração, por sua vez, utiliza parte da energia solar incidente na evaporação. O sombreamento é, sobretudo, uma importante estratégia de redução das temperaturas, atingindo melhores resultados quando proporcionado por elementos vegetativos. Contudo, soluções como o sombreamento de superfícies gramadas através de elementos construídos também resultam na redução das temperaturas (Shashua-Bar et al., 2009). Nesse sentido, foram realizadas nos últimos anos diversas pesquisas que verificam, quantificam e/ou recomendam formas mais eficientes para implantação de áreas verdes no espaço urbano (Bartholomei, 2003; Abreu, 2008). Porém, como afirmado por Chang et al. (2007), ainda são poucas as informações científicas disponíveis sobre as formas mais adequadas de aproveitamento dos benefícios climáticos proporcionados por essas áreas.

A influência climática de um bosque em seu entorno imediato foi verificada por Fontes e Debin (2002) na cidade de Bauru/SP, por meio de medições móveis horárias das 7h às 18h, em dois pontos no interior da área verde e mais sete no seu entorno. Os autores perceberam que no início da manhã não houve grandes diferenças entre a área verde e seus arredores. Porém, a partir das 9h as diferenças apareceram, chegando a alcançar 2° C entre o interior da área em

Análise da magnitude da influência climática de um remanescente de Mata Atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido: estudo de caso em João Pessoa-PB

Analysis of the influence of a green area on its urbanized surroundings in a hot humid climate: a case study in João Pessoa/PB.

estudo e seu entorno imediato, e até 4° C em relação a pontos mais afastados. Observou-se também que o aquecimento diferenciado das superfícies resultou em variações climáticas significativas, ficando os pontos favorecidos pelo sombreamento das árvores e ventos locais com menor temperatura.

Em Singapura, Yu e Hien (2004) analisaram o impacto da influência de duas grandes áreas verdes, com 12 e 36 ha, em seu entorno construído. Os pontos de coleta foram dispostos linearmente e equidistantes: cinco foram colocados nos parques e cinco no entorno urbanizado das áreas verdes. No maior parque, observou-se que as temperaturas no seu interior eram relativamente semelhantes, variando entre 25,2 e 25,5° C entre os pontos 1 e 4. O ponto 5, na borda, é ligeiramente mais aquecido, provavelmente pelo calor antropogênico fornecido pela proximidade do estacionamento e da rodovia. No espaço urbano observou-se um gradual aquecimento nos pontos, indicando que o resfriamento proporcionado pelo parque é limitado.

Ca, Asaeda e Abu (1998) analisaram a influência sobre o entorno de um parque urbano, com aproximadamente 0.6 km², na cidade de Tama New Town/Japão. As temperaturas do ar registradas no interior do parque foram inferiores àquelas registradas no entorno urbanizado, durante o dia e à noite. Os pesquisadores observaram que, ao meio-dia, a temperatura encontrada nos estacionamentos e nas áreas comerciais vizinhas foi superior a 2° C em relação a temperatura do ar no parque. Simultaneamente, a temperatura superficial do gramado, no parque, alcançou 44,3° C, 19° C mais baixa que o valor registrado no asfalto e 15° C inferior à temperatura do concreto. Após o pôr do sol, a temperatura do gramado voltou a ser inferior à temperatura do ar, enquanto as superfícies construídas se mantiveram mais aquecidas até tarde da noite. Os autores concluíram que a área verde em análise, ao meio-dia, pode reduzir em até 1,5° C a temperatura do ar em uma densa área comercial a uma distância de aproximadamente um quilômetro na direção da ventilação.

Na pesquisa de Gomes e Lamberts (2009), realizada em Montes Claros/MG, o comportamento higratérmico de áreas verdes foi comparado a áreas construídas. O foco do trabalho esteve voltado à interface entre o clima urbano e a legislação urbanística, correlacionando microclimas às variáveis relativas ao uso do solo, como proporção de áreas verdes, densidade construída e geometria urbana. Constatou-se que, como esperado, a temperatura do ar decaiu com o aumento das áreas verdes e subiu proporcionalmente ao aumento das áreas impermeáveis, sendo os resultados mais significativos à noite. Em relação às variáveis urbanas, para a área central, o Fator de Visão do Céu (FCV) exerceu maior influência no aquecimento noturno do que a densidade construída, evidenciando, assim, a importância da geometria urbana na dissipação do calor.

Duarte e Serra (2003) correlacionaram, em Cuiabá/MT, o microclima urbano a algumas variáveis do planejamento que poderiam ser regulamentadas pela legislação municipal: densidade construída, arborização e superfícies d'água. Os

Análise da magnitude da influência climática de um remanescente de Mata Atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido: estudo de caso em João Pessoa-PB

Analysis of the influence of a green area on its urbanized surroundings in a hot humid climate: a case study in João Pessoa/PB.

resultados demonstraram que as variáveis de ocupação e aproveitamento do solo apresentaram correlações sempre positivas em relação à temperatura do ar, com maior intensidade no período noturno. Quanto à arborização e superfícies d'água, as correlações foram negativas e aparentemente uniformes em todos os horários analisados.

O efeito térmico inverso – do entorno construído no interior da área verde – foi investigado por Figueiró e Netto (2007) na Floreta da Tijuca, Rio de Janeiro/RJ, quando analisaram a influência do espaço construído sobre as bordas florestais. Partiu-se do pressuposto que a pressão urbana na zona de interface floresta-cidade modificaria a dinâmica do efeito de borda, alterando em especial a temperatura interna desses espaços. Através da execução de três transectos móveis, foram registrados dados de temperatura e umidade, com início no entorno da mata partindo em direção ao seu interior. Confirmou-se que as bordas da floresta apresentavam temperaturas mais elevadas que o seu interior, com diferenças de até 3,5° C no transecto borda-centro.

Apesar do consenso em relação aos benefícios da vegetação, estudos voltados à compreensão da realidade climática e urbana de cada local são de extrema importância, posto que as cidades apresentam peculiaridades climáticas e formais que impossibilitam a generalização dos resultados. Nesse sentido, a presente pesquisa tem como objetivo caracterizar a influência de um remanescente de mata atlântica sobre as condições climáticas do seu entorno urbanizado, a partir do monitoramento das variáveis temperatura e umidade do ar. Este estudo foi realizado na Área de Preservação Permanente Mata do Buraquinho, localizada no centro geográfico da cidade de João Pessoa, capital da Paraíba, inserida no litoral nordestino brasileiro a 7°08'S e 34°53'W. O clima é quente e úmido, a amplitude térmica diária e anual é baixa, a temperatura média fica em torno de 25° C e a umidade relativa do ar média é de 80% (Atlas do Estado da Paraíba apud SILVA, 1999).

Metodologia

O recorte urbano em estudo compreende o entorno localizado a sotavento da área verde, sendo composto por eixos ao norte, noroeste e oeste, respectivamente, os bairros Torre, Jaguaribe e Rangel. A definição dos eixos baseou-se na frequência de ocorrências e distribuição dos ventos, que em João Pessoa, segundo Silva (1999), concentram-se predominantemente no quadrante sudeste entre 150° e 180°. Cada eixo, correspondente a um transecto, foi composto por quatro pontos de medição, equidistantes em relação à mata e não lineares, sendo os primeiros localizados na borda da mata e os demais espaçados a cada 150 metros (0, 150, 300 e 450), totalizando 12 pontos inseridos na malha urbana.

No interior da mata foi instalado o décimo terceiro equipamento de coleta de dados, com o objetivo de caracterizar o comportamento climático da área ver-

Análise da magnitude da influência climática de um remanescente de Mata Atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido: estudo de caso em João Pessoa-PB

Analysis of the influence of a green area on its urbanized surroundings in a hot humid climate: a case study in João Pessoa/PB.

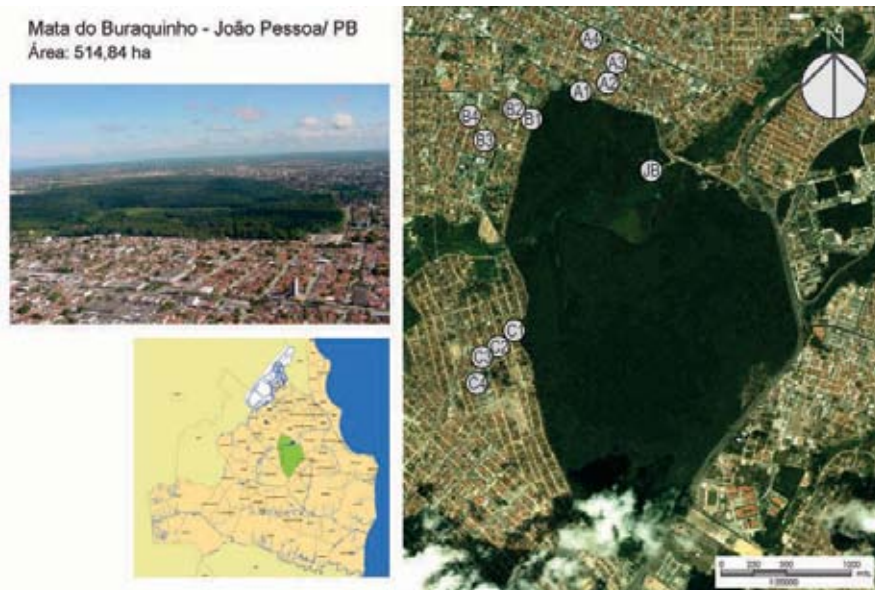
de. Complementarmente, foram utilizados dados da estação climatológica do aeroporto Castro Pinto, distante 8 km do local em estudo.

Para a coleta de dados foram empregados aparelhos registradores de temperatura e umidade da marca OnSet, modelo H8, com proteção solar, nos 13 pontos de medição. Observa-se na Figura 1 a disposição dos 12 pontos de registro de dados, distribuídos nos transectos A, B e C, somando-se ao ponto JB, localizado no interior da mata.

FIGURA 1

Imagens da Mata do Buraquinho; à esquerda indicações dos pontos de coleta de dados.

Fonte: Prefeitura Municipal de João Pessoa (2008) com adaptações do autor.



Após a definição dos pontos de coleta, foi realizada a caracterização do entorno de cada ponto, através da identificação das principais variáveis de ocupação urbana (densidade construída, revestimento de superfícies, arborização e geometria urbana), objetivando fornecer subsídios para a compreensão do comportamento das variáveis ambientais temperatura e umidade relativa do ar, ao longo dos transectos.

Os períodos de coleta de dados foram propostos de modo a contemplar os períodos representativos da estação chuvosa e da estação seca. A coleta de dados referente à estação chuvosa foi realizada de 10 a 30 de julho de 2010, totalizando uma sequência de 21 dias de dados horários contínuos. O segundo intervalo de coleta, representativo do período da estação seca, ocorreu de 9 de novembro a 10 de dezembro de 2010, registrando uma sequência de 32 dias de dados ininterruptos.

O tratamento e análise dos dados foram realizados em três etapas: a) descrição das características físicas locais de cada ponto de registro; b) comparativo entre o comportamento das médias horárias de temperatura e umidade relativa do ar entre os pontos urbanos, o interior da Mata e o aeroporto Castro Pinto; c) ava-

Análise da magnitude da influência climática de um remanescente de Mata Atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido: estudo de caso em João Pessoa-PB

Analysis of the influence of a green area on its urbanized surroundings in a hot humid climate: a case study in João Pessoa/PB.

liação do comportamento das amplitudes diárias de temperatura e umidade, simultaneamente, em todos os pontos de coleta.

Análise dos resultados

Caracterização dos pontos de medição

A caracterização da área de estudo teve início com a observação da orografia local. A área a barlavento da mata encontra-se sobre uma faixa situada entre 40 e 50 metros acima do nível do mar. No interior da Mata, ao norte, há um declínio no terreno que alcança a cota mínima de 10 metros, leito do Rio Jaguaribe. Por fim, a sotavento da mata, onde foram instalados os transectos A, B e C, retorna-se à faixa localizada entre 40 e 50 metros acima do nível do mar. O transecto A situa-se na faixa entre 40 e 45 metros, enquanto os transectos B e C estão na faixa entre 45 e 50 metros acima do nível do mar.

Os transectos e seus respectivos pontos de registro de dados foram localizados em áreas com taxa de ocupação e adensamento similar. A definição do local teve ainda como critério espaços com morfologia e percentual de obstrução do céu visível semelhantes, conforme pode ser visto na Figura 2. Quanto aos materiais e acabamentos superficiais, observou-se o predomínio de coberturas cerâmicas nos recortes urbanos estudados. No interior dos lotes, onde foram colocados os equipamentos de medição, verificou-se predomínio de revestimento em piso de pedra, em alguns momentos intercalados por vegetação ou solo aparente. Por outro lado, os transectos apresentaram diferenças quanto ao recobrimento do solo das ruas circundantes, destacando-se asfalto, paralelepípedo e solo, respectivamente, nos perímetros demarcados nos bairros Torre, Jaguaribe e Rangel.

FIGURA 2 - Taxa de ocupação e Fator de Céu Visível por ponto

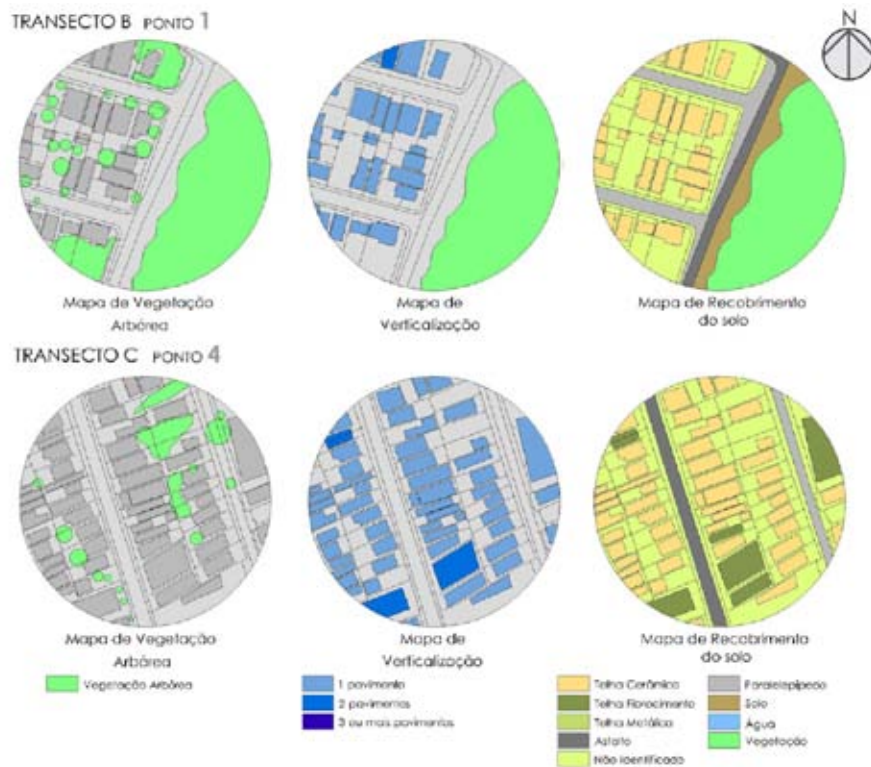
Ponto	Ocup. (%)	F.C.V (%)	Ponto	Ocup. (%)	F.C.V (%)	Ponto	Ocup. (%)	F.C.V (%)
Mata	10	69	B1	16	71	C1	25	39
A1	19	67	B2	36	69	C2	35	81
A2	43	68	B3	37	72	C3	34	70
A3	36	67	B4	30	61	C4	38	68
A4	38	77						

Análise da magnitude da influência climática de um remanescente de Mata Atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido: estudo de caso em João Pessoa-PB

Analysis of the influence of a green area on its urbanized surroundings in a hot humid climate: a case study in João Pessoa/PB.

Na Figura 3 podem ser visualizados os mapas resultantes da caracterização das áreas de entorno dos pontos B1 e C4, com destaque para algumas características locais, como a presença de vegetação arbórea, o gabarito das edificações e o recobrimento do solo. Observa-se que no ponto B1, primeiro ponto do transecto B, assim como nos demais pontos iniciais, parte da área de caracterização é ocupada por uma faixa de mata, diferentemente dos demais pontos que se assemelham ao ponto C4, justificando, assim, a diferença entre os valores referentes à taxa de ocupação observados no Quadro 1.

FIGURA 3
Mapas de caracterização física do entorno dos pontos de coleta de dados B1 e C4



Comparativo entre as medições de temperatura e umidade relativa do ar nos pontos urbanos, na mata e no aeroporto

Observou-se inicialmente que as curvas diárias do comportamento de temperatura e umidade do ar apresentaram semelhanças nos dois períodos de coleta, com os mesmos horários de ocorrência para temperatura mínima e máxima, respectivamente 5h e 13h, enquanto a curva de umidade relativa do ar apresentou comportamento inversamente proporcional ao de temperatura, conforme o esperado.

No gráfico da Figura 4 podem ser visualizadas as curvas médias diárias do comportamento térmico dos pontos em estudo no período de inverno. Percebe-se um intenso agrupamento entre as curvas representativas dos pontos urbanos, indicando forte semelhança no desempenho térmico nesses pontos. Às 9h, as curvas de temperatura se separaram moderadamente, alcançando maior variação às 13h, e reagrupando-se às 17h. Em todos os pontos a temperatura mínima foi atingida por volta das 5h, enquanto a máxima foi alcançada entre às 12h e 13h. O ciclo de aquecimento do ar teve início às 6h, devido à presença de insolação, e término às 13h, dando início ao ciclo de resfriamento.

Como observado anteriormente, a maior variação entre os valores registrados nos pontos urbanos ocorreu às 13h, atingindo amplitude máxima de 3° C entre pontos com maior e menor temperatura, C4 e B1, respectivamente, 30,3° C e 27,3° C, conforme demonstrado na Figura 4.

No ponto B1, inserido na borda da mata, foi registrada a menor temperatura dentre os pontos analisados, apresentando comportamento semelhante ao interior da mata. Esse ponto caracteriza-se pela menor taxa de ocupação do conjunto e, conseqüentemente, menor densidade construída. Observou-se também que no recuo frontal do lote, onde foi instalado o datalogger, além da superfície impermeável em pedra, verificou-se a existência de trechos permeáveis, com vegetação arbustiva e arbórea de pequeno porte. Dessa forma, percebe-se que além da proximidade com a mata, outros fatores, como densidade construída e presença de vegetação, podem ter exercido influência sobre a amenização da temperatura registrada nesse ponto.

No ponto C4, localizado a 450 metros da borda da mata e inserido em uma área de intenso comércio, foi registrada a maior temperatura. Esse ponto, se comparado aos demais, destaca-se pela acentuação das características urbanas: maior densidade construída, menor presença de arborização e áreas permeáveis e intenso tráfego de veículos. Como se sabe, os elementos mencionados colaboram com o acúmulo de calor no espaço, podendo potencializar o rigor climático local.

Quanto às curvas médias diárias de umidade relativa do ar no período de inverno, observa-se que os diferentes perfis de umidade apresentaram comportamento semelhante entre si, alcançando maior índice às 6h e menor entre 12h e 13h (Figura 7). Houve grande dispersão entre as curvas dos diferentes pontos, indicando uma variação média de dez pontos percentuais, durante todos os horários, entre locais com maior e menor umidade relativa. O ponto localizado no interior da mata manteve índice de umidade superior ao conjunto dos pontos urbanos em todos os horários, sendo apenas superado pelos pontos localizados na borda da mata: A1, B1 e C1. Os pontos C3 e C4 apresentaram menor umidade relativa do ar entre os pontos analisados.

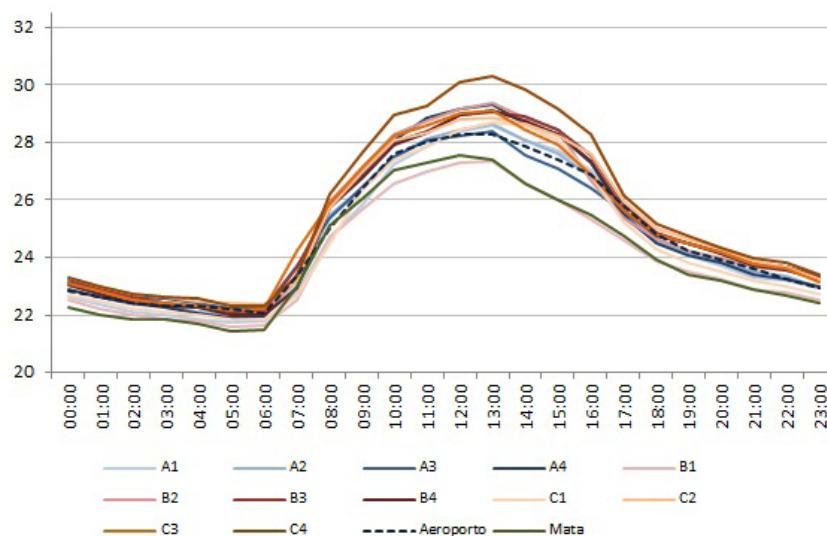
A respeito do aeroporto, observa-se que a curva, gerada a partir dos dados ali levantados, apresenta maior similaridade com as curvas geradas a partir dos

Análise da magnitude da influência climática de um remanescente de Mata Atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido: estudo de caso em João Pessoa-PB

Analysis of the influence of a green area on its urbanized surroundings in a hot humid climate: a case study in João Pessoa/PB.

dados medidos nos pontos urbanos. Como demonstrado na Figura 4, a temperatura média do ponto localizado no interior da mata se manteve inferior à do aeroporto e a dos demais pontos urbanos em todos os horários, com exceção do ponto B1, que apresentou menor temperatura entre todos os pontos analisados. A partir da 13h, os pontos B1 e da mata apresentaram resfriamento mais intenso que os demais.

FIGURA 4
Comparativo entre temperatura nos pontos urbanos, mata e aeroporto no período de inverno



Na Figura 5 estão apresentados espacialmente os valores médios de temperatura e umidade relativa do ar nos transectos A, B e C às 5h e 13h do período de inverno. Observa-se a distribuição das temperaturas, sendo as mais baixas registradas, em geral, nos pontos da borda da mata, com destaque para o ponto B1, que apresenta a menor temperatura do conjunto (21,6° C às 5h e 27,3° C às 13h). Com 30,3° C, o Ponto C4 destacou-se por atingir o valor mais alto de temperatura do ar do conjunto analisado às 13h, contribuindo para isso a configuração física local e de seu entorno imediato, caracterizado pela ausência de vegetação e de áreas permeáveis. Observa-se ainda que às 5h há pouca diferença entre os valores extremos de temperatura (0,6 ° C), enquanto às 13h a diferença alcança 3° C. Com a espacialização das temperaturas do ar, registradas com este trabalho, evidencia-se que o aumento da distância em relação à mata não implicou em aumento da temperatura. Temperaturas elevadas, em alguns transectos, ocorreram em pontos próximos à mata, como no ponto B2.

Análise da magnitude da influência climática de um remanescente de Mata Atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido: estudo de caso em João Pessoa-PB

Analysis of the influence of a green area on its urbanized surroundings in a hot humid climate: a case study in João Pessoa/PB.



FIGURA 5
Espacialização da temperatura e umidade relativa do ar nos transectos A, B e C às 5h e às 13h do inverno

Na Figura 6 verifica-se o comportamento térmico do ar nos pontos de coleta no período de verão. Percebe-se, nesse período, que as curvas de temperatura dos pontos em análise apresentaram maior dispersão em relação ao comportamento registrado no inverno durante os horários de maior insolação, de 8h às 16h. No verão, houve um aumento substancial das temperaturas máximas e mínimas, acentuando a divergência entre o comportamento térmico do ar no interior da mata e nos demais pontos, assim como entre pontos, resultante da maior interação entre as características físicas do entorno com a insolação, em especial a capacidade de absorver, armazenar e dissipar calor. Nesse período, as linhas características do comportamento da temperatura do ar oscilaram entre 23,7° C e 34° C, enquanto no inverno a variação foi entre 21,4° C e 30,3° C.

As menores temperaturas médias dos pontos em análise foram obtidas às 5h, enquanto as maiores temperaturas médias foram registradas entre 13h e 14h. O ciclo de aquecimento e resfriamento registrou os mesmos intervalos apresentados no período de inverno, porém, com maior intensidade. A maior variação de temperatura entre os pontos analisados ocorreu às 14h, atingindo amplitude máxima de 4° C, entre os pontos B4 e o interior da mata, respectivamente 34° C e 30° C. Entre os pontos urbanos, o ponto C1 registrou a menor temperatura, 31,2° C, amplitude de 2,8° C, inferior à amplitude obtida no inverno.

O ponto C1, representativo da borda da mata, apresenta características morfológicas que contribuem para a atenuação do calor. Dentre as características mais atuantes, destacam-se: presença de vegetação arbórea de pequeno porte, presença de vegetação arbustiva espalhada por áreas permeáveis próximas ao sensor e ausência de pavimentação na rua limítrofe. Porém, apesar desses ele-

Análise da magnitude da influência climática de um remanescente de Mata Atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido: estudo de caso em João Pessoa-PB

Analysis of the influence of a green area on its urbanized surroundings in a hot humid climate: a case study in João Pessoa/PB.

mentos e do menor índice de FCV do conjunto, devido à obstrução ocasionada pela vegetação (cerca de 40%), a curva de temperatura do ponto C1 foi bastante similar aos pontos A1 e B1, localizados na borda da mata.

O ponto B4, localizado a 450 metros da mata, apresentou a maior temperatura do conjunto. Além da distância da borda, outro fator em comum com o ponto C4 (ponto de maior temperatura no inverno) é a ausência de áreas permeáveis e de vegetação dentro do lote. Como característica singular a este ponto, ressalta-se o revestimento do piso em placas de concreto.

No interior da mata, o comportamento térmico divergiu dos demais pontos. Até às 12h a curva de temperatura da mata ocupou um espaço intermediário dentro do conjunto dos pontos. Porém, a partir das 13h as temperaturas registradas na mata declinaram acentuadamente, de forma mais intensa que nos demais pontos. Ao observar as características físicas do sítio, em especial o FCV, percebe-se que esse resfriamento foi gerado pela obstrução do céu visível e também pelo sombreamento do entorno, proporcionado pelas árvores circundantes que ocasionaram uma interrupção abrupta da radiação solar no ponto analisado.

Na estação meteorológica do aeroporto Castro Pinto, a temperatura registrada se manteve inferior ao conjunto em todos os momentos, exceto no período das 13h às 17h, quando a temperatura interna da mata registrou um intenso resfriamento. Esperava-se que a temperatura no interior da mata apresentasse, constantemente, valores inferiores aos do aeroporto. Acredita-se que a principal variável que poderia influenciar nesse comportamento é a permeabilidade à ventilação, pois o equipamento de registro de dados no aeroporto localiza-se em uma área aberta, 65 metros acima do nível do mar, susceptível à ação dos ventos. O equipamento de pesquisa no Jardim Botânico, por sua vez, estava localizado no vale do Rio Jaguaribe, 10 metros acima do nível do mar, e circundado por árvores que alcançam 20 metros de altura, obstruindo a ação dos ventos e limitando o potencial de retirada de calor por convecção. Outra variável que pode influenciar no comportamento da temperatura no interior da mata está relacionado ao entorno. Enquanto o equipamento de medição no interior da Mata foi instalado sobre um tampo em concreto, com cerca de 3 metros de diâmetro, circundado por solo exposto, no aeroporto, o piso encontrava-se completamente recoberto por vegetação rasteira.

Como esperado, com maior temperatura e menor precipitação nos meses de novembro e dezembro, o período de coleta de verão apresentou índice de umidade inferior ao período de coleta de inverno. As linhas características do comportamento da umidade relativa do ar oscilaram dentro dos limites de 40% e 85% no período de verão, enquanto no período de inverno essa faixa situou-se entre 55% e 100% (Figura 7).

Análise da magnitude da influência climática de um remanescente de Mata Atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido: estudo de caso em João Pessoa-PB

Analysis of the influence of a green area on its urbanized surroundings in a hot humid climate: a case study in João Pessoa/PB.

FIGURA 6

Comparativo entre as temperaturas nos pontos urbanos, mata e aeroporto no período de verão

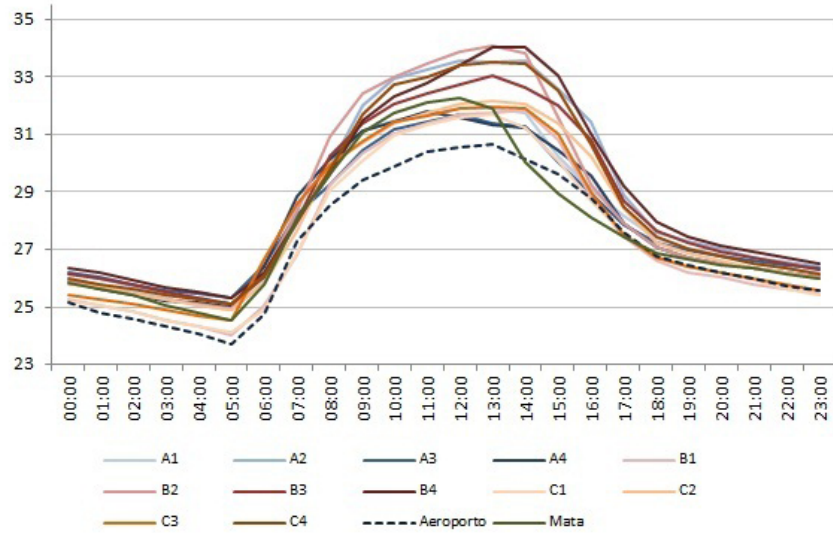
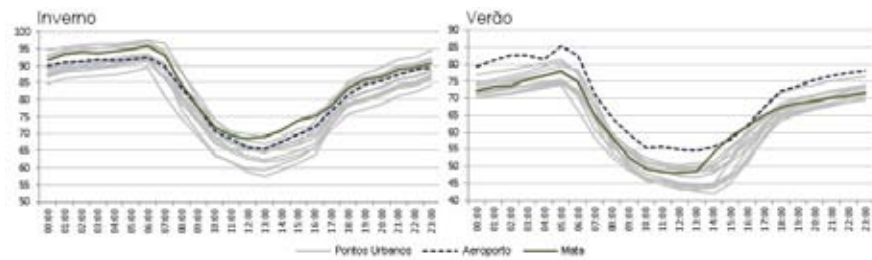


FIGURA 7

Comparativo entre os valores de umidade relativa do ar nos pontos urbanos, mata e aeroporto durante o período de inverno e de verão



Na Figura 8, estão representados especialmente os valores de temperatura e umidade relativa do ar nos transectos A, B e C às 5h e às 13h do período de verão. Observa-se nesses horários que os menores valores de temperatura do ar foram registrados nos pontos de borda de cada transecto, com exceção do transecto A às 13h, onde a menor temperatura ocorreu no ponto A4 e a maior temperatura no ponto A2. Considerando todos os transectos, o maior valor de temperatura do ar registrado ocorreu no ponto B2, de 34,1° C, às 13 horas. Observa-se ainda que, no verão, a diferença entre os valores extremos de temperatura alcança 1,3°, às 5h, e 2,8° C, às 13h.

Análise da magnitude da influência climática de um remanescente de Mata Atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido: estudo de caso em João Pessoa-PB

Analysis of the influence of a green area on its urbanized surroundings in a hot humid climate: a case study in João Pessoa/PB.



FIGURA 8

Espacialização da temperatura e umidade relativa do ar nos transectos A, B e C às 5h e às 13h do verão

Análise da distribuição da amplitude térmica diária nos diferentes pontos

Nesta etapa são analisados os principais elementos que caracterizam a amplitude térmica diária. Os valores de amplitude referem-se à diferença entre a maior e a menor temperatura diária, um indicador do equilíbrio térmico do local. A distribuição dos valores de amplitude auxilia a compreensão da dinâmica térmica local, ao demonstrar o valor predominante de amplitude diária e as variações desses valores durante os períodos analisados. As Figuras 9 e 10 representam um resumo do comportamento da amplitude térmica diária, através de gráficos do tipo boxplot, nos diferentes pontos de coleta durante o período de inverno e verão.

Na Figura 9, observam-se os valores medianos para o conjunto de amplitude diária de todos os pontos analisados. Os valores obtidos foram em torno de 8° C, com exceção do ponto B1 que apresentou valor inferior a média do conjunto, apenas 5,8° C. Observa-se, ainda, que os pontos a 450 metros da mata obtiveram valores superiores aos demais pontos de cada transecto, destacando-se o ponto C4 que obteve maior amplitude do conjunto com 9° C.

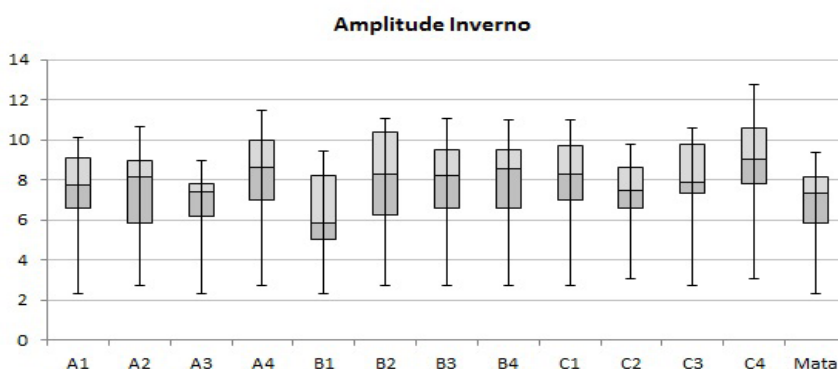
Apesar da proximidade entre os valores das medianas nos pontos analisados, percebe-se, na Figura 9, que a variação diária da amplitude em cada ponto é bastante irregular, indicando maior oscilação entre as condições climáticas diárias durante esse período. A influência das variáveis ambientais, tais como

ventilação, nebulosidade e precipitação, são percebidas através da observação da diferença entre as amplitudes diárias registradas em um único ponto durante os dias de registro de dados de um mesmo período. Por exemplo, o ponto A4 alcançou amplitude diária entre 2,7° C e 11,5°C no inverno.

A menor amplitude térmica diária no período de inverno foi obtida no dia 22 de julho de 2012 em todos os pontos analisados, com valores que variaram entre 2,3° C e 3,1° C, muito inferiores aos demais dias de coleta, indicando, assim, um dia atípico no universo analisado. Segundo dados meteorológicos registrados no aeroporto Castro Pinto, nesse dia ocorreu a maior precipitação do período de coleta do inverno, sendo bastante superior aos demais dias.

Por outro lado, os valores de amplitude máxima em cada ponto foram alcançados em dias diferentes. Dentre os pontos estudados, destaca-se o ponto C4 que apresentou a amplitude diária máxima do conjunto analisado, aproximadamente 13° C.

FIGURA 9
Variação da amplitude térmica diária no período de inverno



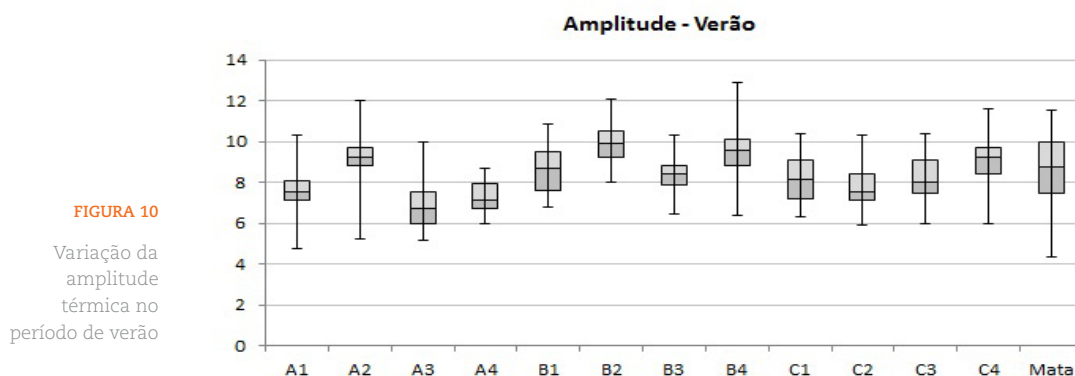
Observa-se na Figura 10 que as principais características analisadas (tendência central, variação e formato) são bastante diferentes entre os pontos. Em relação ao período de coleta de inverno, houve maior disparidade entre os valores máximos, mínimos e medianos. Percebe-se que no verão, com menor umidade e maiores índices de radiação solar do que no período do inverno, outras variáveis, além da vegetação, são determinantes na composição do microclima estudado.

Houve grande variação entre os valores medianos do conjunto de amplitude diária de cada ponto, que oscilaram entre 6,8° C no ponto A3 e 9,9° C no ponto B2. Um importante aspecto a ser mencionado é que não foi observada relação direta entre o afastamento da borda da mata e a amplitude térmica diária.

Como os meses de novembro e dezembro são caracterizados por menores índices de nebulosidade e precipitação, nesse período há maior uniformidade no comportamento climático dos dias em que os dados foram registrados. Esse

fato resulta em dois importantes comportamentos que podem ser observados na Figura 10: o primeiro refere-se ao agrupamento mais compacto dos valores de amplitude diária, indicando uma menor variação entre esses valores, enquanto o segundo demonstra maior simetria na distribuição das amplitudes diárias em torno da mediana.

A maior dispersão entre as amplitudes térmicas, no período de verão, foi registrada no ponto localizado no interior da mata. No ponto A2, foi registrada a menor dispersão, indicando maior semelhança entre as amplitudes diárias registradas, apesar da acentuada diferença entre as amplitudes máxima e mínima. No ponto B2 foi observado o maior valor mediano de amplitude diária, 9,9° C, fato que, somado à elevada amplitude térmica registrada, pode ser explicado pela configuração física do local à exceção dos demais pontos utilizados neste trabalho, o ponto B2 trata-se de um espaço enclausurado, de pouca permeabilidade à ventilação. Nesse ponto ocorreram também as temperaturas mais elevadas.



Conclusões

Pode-se afirmar que a atenuação do rigor climático proporcionada pela Mata do Buraquinho ocorre essencialmente em seu entorno imediato, sendo a maior influência observada em sua área de borda. As menores temperaturas foram registradas nos pontos iniciais de cada transecto, enquanto as mais elevadas nos pontos finais. A maior divergência ocorreu às 13h, sendo 3° C no inverno e 2.8° C no verão. Por outro lado, não se observou um aquecimento gradual da temperatura do ar ao longo dos transectos, comportamento que demonstraria a relação direta da amenização da temperatura com o distanciamento da Mata. Percebe-se que outros elementos urbanos possuem forte influência no contexto climático local, podendo anular ou intensificar o efeito mitigador da

Análise da magnitude da influência climática de um remanescente de Mata Atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido: estudo de caso em João Pessoa-PB

Analysis of the influence of a green area on its urbanized surroundings in a hot humid climate: a case study in João Pessoa/PB.

área verde, tais como: a susceptibilidade aos ventos, a geometria do local e as características térmicas dos materiais de revestimento das superfícies.

. A maior amplitude térmica diária nos pontos de medição ocorreu no inverno, período de chuvas. No verão, o comportamento é mais homogêneo nos pontos urbanos, embora a maior amplitude tenha sido verificada na Mata. Não houve comportamento similar entre o ponto na Mata e os pontos urbanos próximos, com algumas exceções, destacando-se os pontos A3, B1 e C2, no inverno, e A2 e B4, no verão.

Com o distanciamento da borda da mata, as características do espaço urbano, exercem maior influência sobre o comportamento térmico local. Sendo assim, a maior distribuição de pequenas áreas verdes sobre o espaço urbano, quando comparada a uma grande área concentrada, deve produzir um efeito mitigador de maior eficiência, por aumentar a área de transição mata-cidade, acentuando o efeito observado na borda.

No sentido oposto, observa-se atualmente na cidade de João Pessoa uma acentuada e acelerada redução da cobertura vegetal do espaço urbano, resultante do inadequado processo de verticalização e ocupação do solo. Quintais e jardins estão sendo substituídos por áreas construídas e superfícies impermeabilizadas. Além disso, a predominância do transporte individual traz como consequência a eliminação da vegetação de canteiros, ruas e praças para ampliação das vias de trânsito rápido.

Por fim, reitera-se a necessidade de preservação da Mata do Buraquinho para a cidade de João Pessoa devido à sua importância na manutenção da qualidade ambiental urbana através de sua atuação nos subsistemas hidrometeorológico, físico-químico e, em especial, termodinâmico, foco de estudo da presente pesquisa. Contudo, a crescente expansão de áreas impermeáveis e adensadas tende a anular o efeito das áreas verdes, posto que, como visto neste trabalho, o alcance da ação mitigadora do rigor climático de grandes áreas verdes sobre as condições microclimáticas do entorno é limitada. Tal alcance só poderá ser ampliado através da distribuição da vegetação, preferencialmente de forma homogênea, sobre toda a área urbanizada.

Referências bibliográficas

ABREU, L. V. **Avaliação da escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas**. 2008. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2008.

BARTHOLOMEI, C. L. B. **Influência da Vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído**. 2003. 205 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2003.

Análise da magnitude da influência climática de um remanescente de Mata Atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido: estudo de caso em João Pessoa-PB

Analysis of the influence of a green area on its urbanized surroundings in a hot humid climate: a case study in João Pessoa/PB.

CA, V. T.; ASAEDA, T., ABU, E. M. **Reductions in air conditioning energy caused by a nearby park.** *Energy and Buildings*. v. 29, p. 83-92, 1998.

CHANG, C.; LI, M.; CHANG, S. **A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks.** *Landscape and Urban Planning*. V. 80, p. 386 -395, 2007.

DUARTE, H. S. D.; SERRA, G. G. **Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental brasileira: correlações e propostas de um indicador.** *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 3, n.2, p. 7-20, 2003.

FIGUEIRÓ, A. S.; NETTO, A. L. C. **Análise da variabilidade térmica em zonas de bordas florestais com interface urbana no maciço da Tijuca Rio de Janeiro-RJ.** *Ciência e Natura*, v. 29, p. 173-186, 2007.

FONTES, M. S. G. C.; DELBIN, S. **Efeito climático de uma área verde no ambiente urbano.** In: Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 9, 2002. Foz do Iguaçu/ PR, 2002. p. 971-980.

GARTLAND, L. **Ilhas de Calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas.** São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 248p.

GOMES, P. S.; LAMBERTS, R. **O estudo do clima urbano e a legislação urbanística: considerações a partir do caso Montes Claros, MG.** *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 9, n.1, p. 73-91, 2009.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano.** Série Teses e Monografias, n°25. São Paulo: IGEOG/ USP, 1976. 181 p.

SHASHUA-BAR, L.; PEARLMUTTER, D.; ERELL, E. **The cooling efficiency of urban landscape strategies in a hot dry climate.** *Landscape and Urban Planning*. v. 92, p. 179-186, 2009.

SILVA, F. A. G. **O vento como ferramenta no desenho do ambiente construído: uma aplicação ao Nordeste do Brasil.** 1999. 207 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

YU, C.; HIEN, W. N. **Thermal benefits of city parks.** *Energy and Buildings*. v. 38, p. 105-120, 2006.