

O EFEITO DA FLORESTA NO MICROCLIMA URBANO

Angeline Martini¹, Daniela Biondi², Antonio Carlos Batista³

¹ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal, Viçosa, Minas Gerais, Brasil – martini@ufv.br

² Universidade Federal do Paraná, Departamento de Ciências Florestais, Curitiba, Paraná, Brasil - dbiondi@ufpr.br

³ Universidade Federal do Paraná, Departamento de Ciências Florestais, Curitiba, Paraná, Brasil - batistaufpr@ufpr.br

Resumo

O papel que as florestas desempenham para a estabilidade climática é inquestionável e por isso é preciso intensificar a presença desse recurso em locais extremamente antropizados para amenizar os prejuízos ambientais e reestabelecer seu valor às pessoas. Assim, cabe à ciência florestal desenvolver conhecimento científico e estabelecer estratégias para possibilitar tal ação de maneira adequada. O presente artigo foi desenvolvido a convite da Revista FLORESTA e da coordenação do curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná em comemoração ao cinquentenário do programa. Tem como objetivo apresentar os principais resultados da tese intitulada “Análise quantitativa das variáveis meteorológicas em diferentes tipologias de floresta urbana de Curitiba - PR” que foi desenvolvida entre os anos de 2013 e 2016, na linha de pesquisa conservação da natureza sob a orientação da professora Daniela Biondi. Tal pesquisa foi uma importante contribuição para o desenvolvimento e aprimoramento desta temática no cenário nacional.

Palavras-chave: arborização urbana, microclima urbano, benefício climático.

INTRODUÇÃO

O planejamento urbano cada vez mais tem se curvado na direção do desenvolvimento sustentável, visto que as cidades consomem muitos recursos naturais e são as maiores responsáveis pela poluição (SILVA *et al.*, 2020). Considerando que o crescimento populacional e, conseqüentemente, o adensamento urbano, são processos que ocorrem de forma natural (SANTOS *et al.*, 2017) a busca por promover bem-estar nos centros urbanos tem se tornado uma das maiores preocupações da sociedade moderna.

As formas de adaptação para minimizar os efeitos da mudança do clima são um dos principais desafios que as cidades enfrentam para melhorar a qualidade de vida, uma vez que as áreas urbanas concentram muitos dos riscos globais das mudanças climáticas, como estresse por calor, precipitações extremas, inundações costeiras, deslizamentos de terra, poluição do ar, seca e escassez de água (IPCC, 2021). Neste contexto, a floresta urbana tem recebido cada vez mais atenção, visto que as árvores são consideradas os melhores reguladores climáticos existentes, atuando de forma natural para a estabilização do microclima (PINHEIRO; SOUZA, 2017).

Sustentadas pela teoria científica e evidências empíricas, cidades de todo o mundo têm promovido o aumento das áreas arborizadas como uma forma de manter seus cidadãos saudáveis, bem como melhorar as condições ambientais e econômicas (JIANG *et al.*, 2015), tornando-se cada vez mais indispensável a atuação da engenharia florestal nesses espaços. A essência básica da ciência florestal visa a produção de bens oriundos da floresta por meio do manejo adequado, garantindo produtividade e sustentabilidade. Tal produção inclui a manutenção da diversidade biológica, estabilidade climática, proteção dos recursos hídricos, qualidade da paisagem, entre vários outros, independentemente do local onde essa floresta seja estabelecida, o que inclui o ambiente urbano.

“Floresta urbana” tem sido um termo utilizado em substituição à “Arborização Urbana”, principalmente em pesquisas científicas, por ser uma terminologia mais abrangente para se referir a todo tipo de vegetação existente no meio urbano, definição utilizada internacionalmente há muitos anos (SOARES *et al.*, 2020). Trata de uma temática cada vez mais explorada na conservação da natureza, linha de pesquisa que se consolidou na Engenharia Florestal a partir dos anos 90. Como reflexos da ECO 92 ocorreram maiores investimentos privados na área florestal, expansão do número de unidades de conservação, criação do Ministério do Meio Ambiente e as empresas de reflorestamentos comerciais passaram a receber cobranças de responsabilidade socioambiental advindas da sociedade civil (SOARES *et al.*, 2020). Assim, o papel das ciências florestais nesta área tornou-se imprescindível para subsidiar as tomadas de decisões e capacitar recursos humanos, uma vez que, preservar a integridade ecológica no ambiente onde ocorre o predomínio da espécie humana pode favorecer todas as demais ações conservacionistas.

A essência da conservação da natureza é promover a proteção dos recursos naturais em uma perspectiva de sustentabilidade, que permite seu uso, mas garante sua renovação (LIRA; CÂNDIDO, 2013). É por isso que para estabelecer cidades sustentáveis é necessário que esse conceito seja incorporado no processo de planejamento urbano. Neste contexto, desenvolver pesquisas referentes às árvores urbanas são fundamentais, pois tais descobertas podem ser aplicadas diretamente no planejamento e readequação das cidades frente aos

problemas ambientais, como as mudanças do clima, visando proporcionar maior qualidade de vida para a população e promover a conservação dos recursos naturais.

O objetivo desse trabalho é apresentar os principais resultados da tese intitulada “Análise quantitativa das variáveis meteorológicas em diferentes tipologias de floresta urbana de Curitiba - PR” que foi desenvolvida entre os anos de 2013 e 2016, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFPR, na linha de pesquisa conservação da natureza.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em Curitiba, capital do estado do Paraná. A cidade segundo a classificação de Köppen apresenta clima do tipo Cfb, subtropical úmido, mesotérmico, sem estação seca, com verões frescos e invernos com geadas frequentes e ocasional precipitação de neve (IPPUC, 2016).

Para a realização dessa pesquisa foram selecionadas áreas que representassem as tipologias de floresta urbana mais frequentes na cidade, todas localizadas na porção central, denominada administrativamente como Regional Matriz, em vista de melhor caracterizar o ambiente urbano consolidado. Três áreas foram selecionadas para cada tipologia, totalizando 15 áreas verdes no total (Figura 1):

- a) Remanescente Florestal - cobertura arbórea formada por remanescente de Floresta Ombrófila Mista (Floresta de Araucária). Áreas selecionadas: Parque Natural Municipal Barigui, Bosque Gutierrez e Bosque João Paulo II;
- b) Área Verde Antiga - cobertura arbórea composta por agrupamentos de árvores implantadas com paisagismo Eclético, caracterizada pelo predomínio de árvores de grande porte e grande quantidade de caminhos e pavimentação. Áreas selecionadas: Passeio Público, Praça Eufrásio Correia e Praça Carlos Gomes foram;
- c) Área Verde Moderna - cobertura arbórea composta por agrupamentos de árvores implantadas com paisagismo Moderno, caracterizada principalmente pelo predomínio de gramado sob as árvores. Áreas selecionadas: Praça Nossa Senhora de Salette, Praça Alfredo Andersen e Jardimete Henrique Knopholz;
- d) Arborização de Ruas - área de cobertura arbórea contínua composta por agrupamentos de árvores em plantio linear, acompanhando o sistema viário. Áreas selecionadas: Rua Ângelo Lopes, Rua Brigadeiro Franco e Rua Guaratuba;
- e) Árvore Isolada - indivíduo arbóreo único, plantado no sistema viário de forma espaçada. Indivíduos selecionados: *Lagerstroemia indica* na Rua Sant’Ana n°. 395, *Lafoensia pacari* na Rua Brasília Itiberê n°. 295 e *Handroanthus chrysotrichus* na Rua Cel. João da Silva Sampaio n°. 648.

O microclima das diferentes tipologias de floresta urbana foi analisado com base nos dados meteorológicos coletados a partir do método de pontos fixos. O monitoramento foi realizado simultaneamente em todas as áreas selecionadas, entre os dias 20 e 22 de fevereiro de 2014 (verão) e 28 e 30 de julho de 2014 (inverno). As datas foram definidas com base no histórico climático da cidade, onde se constatou que fevereiro é o mês mais quente e julho o mês mais frio.

As variáveis meteorológicas coletadas com registradores “data logger” modelo Hobo® RH & Temp., da marca Onset foram temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%). Os registradores Hobo® foram instalados no centro de cada área de interesse, em mini abrigos meteorológicos a 4 m do solo. Os mini abrigos foram confeccionados com uma seção de tubo PVC de 150 mm de comprimento e 100 mm de diâmetro, com aberturas nas laterais e revestidos externamente com papel alumínio, fechados por duas tampas. Foram fixados no tronco das árvores na posição vertical, com auxílio de uma fita abraçadeira de nylon.

A coleta das variáveis meteorológicas teve duração de 48 horas, com tomada contínua em intervalos de 1 minuto, iniciando-se às 12h e totalizando 2882 leituras. Os dias foram caracterizados como de céu limpo e sem previsão de chuva.

Um panorama geral das variáveis meteorológicas foi elaborado a partir dos dados coletados a cada minuto, juntando as informações do verão e do inverno. Com estas informações elaborou-se um delineamento estatístico em blocos ao acaso (três áreas de cada tipologia), no qual os tratamentos foram as diferentes tipologias de floresta urbana. A comparação das médias foi realizada pelo teste Student Newman Keuls (SNK) a 95% de significância. Tendo em vista, as possíveis diferenças entre as estações, esta mesma análise foi realizada também separadamente, para as estações do verão e do inverno.



NOTA: Remanescente Florestal: 1- Parque Barigüi; 2 - Bosque Gutierrez; 3 - Bosque João Paulo II; Área Verde Antiga: 4 - Passeio Público; 5 - Praça Eufrásio Correia; 6 - Praça Carlos Gomes; Área Verde Moderna: 7- Praça Nossa Senhora de Salette; 8 - Praça Alfredo Andersen; 9 - Jardinete Henrique Knopholz; Arborização de Ruas: 10 - Rua Brigadeiro Franco; 11 - Rua Ângelo Lopes; 12 - Rua Guaratuba; Árvore Isolada: 13 - *Lagerstroemia indica*; 14 - *Lafoensia pacari*; 15 - *Handroanthus chrysotrichus*.

Figura 1. Áreas selecionadas para análise da influência da floresta urbana no microclima.

Figure 1. Areas selected for analysis of the influence of urban forest on microclimate.

A influência das tipologias de floresta urbana no seu entorno imediato, bem como o seu potencial de arrefecimento foi obtida a partir de outra coleta de dados meteorológicos, neste caso por meio de transectos móveis. Para a coleta de dados foram utilizadas duas miniestações da marca Kestrel®, modelo 4200, mantidas a uma altura aproximada de 1,50 m. Uma miniestação permaneceu sob cuidados de um pesquisador no centro da área e a outra foi utilizada no transecto móvel, percorrido a pé por outro pesquisador. Para isso, em cada tipologia de floresta urbana foi selecionada uma rua adjacente, que permitisse a realização de um percurso de 500 m de caminhada. Buscou-se selecionar ruas com características semelhantes e no mesmo sentido geográfico, sendo que para as árvores isoladas, a distância percorrida foi de 50 m. Esta distância foi reduzida, devido a impossibilidade de garantir que outros elementos urbanos, além da árvore em questão, pudessem interferir nos dados meteorológicos (incluindo outras árvores).

Os dados meteorológicos foram coletados simultaneamente entre o equipamento localizado no interior da área e o equipamento utilizado no transecto móvel, uma vez que foram programados para coleta de informações a cada minuto. No percurso padronizou-se o mesmo ritmo de caminhada, sendo que a distância entre os pontos coletados foi de 50 m. Desta forma, em cada dia, foram coletados os dados meteorológicos de

uma das áreas selecionadas. Este procedimento foi repetido nas estações do verão (fevereiro e março) e inverno (julho e agosto). Os dias de coletas variaram conforme as condições climáticas, pois havia a necessidade de céu limpo durante o horário de coleta dos dados, entre 12 e 13 h (corrigido para 13 e 14 h no horário de verão).

A intensidade e influência das diferentes tipologias de floresta urbana no entorno imediato, foi calculada a partir da diferença dos dados de temperatura e umidade relativa encontrados no interior da tipologia e no transecto móvel, para cada distância de afastamento. Cada percurso contou com 4 repetições. Os dados meteorológicos coletados a cada minuto no interior das tipologias de floresta urbana foram comparados estatisticamente com os valores obtidos nos respectivos trajetos percorridos, por meio do teste “t” a 99% de significância, para avaliar possíveis diferenças das condições meteorológicas. Esta análise foi realizada com a junção das informações do verão e inverno e, também separadamente para cada estação.

A caracterização das áreas foi realizada no entorno dos pontos de monitoramento, a partir de processamento de imagens e coleta em campo. As variáveis mensuradas foram: cobertura arbórea e comprimento da área via processamento de imagem aérea do satélite GeoEye-1 no software Quantum GIS 2.8.6; altitude dada pela própria miniestação meteorológica; iluminação obtido pelo Luxímetro digital - MLM-1011; tipo de vegetação (nativa ou introduzida), número total de indivíduos com DAP > 5 cm, altura média das árvores e do dossel (estimada visualmente), espaçamento médio entre as árvores (medido com trena), quantidade de área impermeável (medido com trena) e forma de recobrimento do solo; cálculo do fator de visão do céu – por meio do processamento das fotos tiradas com a lente olho-de-peixe no software RayMan 1.2; índice de área foliar (IAF) calculado pelo método indireto

Os elementos de composição mensurados para caracterizar as áreas foram correlacionados com os dados de diferença (transecto móvel), para analisar o efeito do arrefecimento promovido pela floresta urbana. Essa análise foi realizada no software Excel, através da função correlação simples para uma média total dos valores e separados para cada estação. Todos os dados correlacionados foram classificados quanto à intensidade, de acordo com Prestes (2016). Este autor define as seguintes classes de intensidade de correlação: nula (0,00 – 0,03); fraca (0,03 – 0,35); média (0,35 – 0,65); forte (0,65 – 0,95); muito forte (0,95 – 0,99); perfeita (1,00).

RESULTADOS

Microclima nas diferentes tipologias de floresta urbana

Os dados meteorológicos coletados através do método de pontos fixos permitiram determinar a média de temperatura e umidade relativa em cada tipologia de floresta urbana (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios de temperatura e umidade relativa do ar em cada área selecionada e análise estatística das médias (SNK 95%).

Table 1. Mean values of temperature and relative air humidity in each selected area and statistical analysis of the means (SNK 95%).

Tipologias de floresta urbana	Locais selecionados			Média
	1	2	3	
Temperatura média do ar (°C)				
Remanescente Florestal	17,15	16,96	16,73	16,95 a
Área Verde Antiga	17,82	17,99	17,96	17,93 b
Área Verde Moderna	17,63	17,57	17,69	17,63 b
Arborização de Ruas	18,42	17,63	18,02	18,03 b
Árvore Isolada	18,05	18,26	18,19	18,17 b
Média	17,82 a	17,68 a	17,72 a	
Umidade relativa do ar (%)				
Remanescente Florestal	84,73	86,13	89,52	86,79 a
Área Verde Antiga	78,17	77,40	76,50	77,36 b
Área Verde Moderna	78,79	80,47	79,19	79,48 b
Arborização de Ruas	76,46	80,60	80,46	79,17 b
Árvore Isolada	80,11	80,85	78,73	79,90 b
Média	79,65 a	81,09 a	80,88 a	

NOTA: **Remanescente Florestal:** 1- Parque Barigüi; 2 - Bosque Gutierrez; 3 - Bosque João Paulo II; **Área Verde Antiga:** 1 - Passeio Público; 2 - Praça Eufrásio Correia; 3 - Praça Carlos Gomes; **Área Verde Moderna:** 1- Praça N. Sra. de Salette; 2 - Praça Alfredo Andersen; 3 - Jard. Henrique Knopholz; **Arborização de Ruas:** 1 - Rua Brigadeiro Franco; 2- Rua Ângelo Lopes; 3 - Rua Guaratuba; **Árvore Isolada:** 1 - *Lagerstroemia indica*; 2 - *Lafoensia pacari*; 3 - *Handroanthus chrysotrichus*; médias seguidas de mesma letra na coluna ou linha não diferem entre si a 5% de significância pelo teste SNK.

As áreas escolhidas para representar as diferentes tipologias de floresta urbana foram homogêneas, ou seja, não se diferenciaram entre si (entre os blocos). Tanto para temperatura como para a umidade relativa, a análise estatística realizada revelou que apenas o Remanescente Florestal distingue-se estatisticamente das demais tipologias, pois apresenta a menor média de temperatura (16,95 °C) e a maior média de umidade relativa (86,79%). Ao analisar as médias encontradas separadamente para cada estação do ano foi possível verificar algumas variações neste comportamento (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios de temperatura e umidade relativa do ar em cada área selecionada e análise estatística das médias (SNK 95%) nas estações de verão e inverno.

Table 2. Mean values of temperature and relative air humidity in each selected area and statistical analysis of the means (SNK 95%) in summer and winter.

Tipologias de floresta urbana	Verão				Inverno			
	Locais selecionados			Média	Locais selecionados			Média
	1	2	3		1	2	3	
Temperatura média do ar (°C)								
Remanescente Florestal	21,59	21,58	20,86	21,34 a	12,72	12,34	12,60	12,55 a
Área Verde Antiga	22,48	22,82	22,70	22,67 b	13,16	13,16	13,22	13,18 b
Área Verde Moderna	22,22	22,21	22,42	22,29ab	13,04	12,93	12,95	12,98 b
Arborização de Ruas	23,35	22,41	22,95	22,90 b	13,49	12,86	13,09	13,15 b
Árvore Isolada	23,10	23,38	23,09	23,19 b	12,99	13,14	13,30	13,14 b
Média	22,55 a	22,48 a	22,40 a		13,08 a	12,89 a	13,03 a	
Umidade relativa do ar (%)								
Remanescente Florestal	82,48	80,34	88,96	83,93 a	86,98	91,92	90,08	89,66 a
Área Verde Antiga	70,82	71,47	70,87	71,05 b	85,53	83,33	82,13	83,66 c
Área Verde Moderna	74,94	75,92	71,79	74,22 b	82,64	85,01	86,59	84,75 bc
Arborização de Ruas	69,14	74,58	73,01	72,25 b	83,77	86,62	87,91	86,10 b
Árvore Isolada	73,06	69,79	71,31	71,39 b	87,16	91,91	86,16	88,41 a
Média	74,09 a	74,42 a	75,19 a		85,22 b	87,76 a	86,57a	

NOTA: Remanescente Florestal: 1 - Parque Barigüi; 2 - Bosque Gutierrez; 3 - Bosque João Paulo II; Área Verde Antiga: 1 - Passeio Público; 2 - Praça Eufrásio Correia; 3 - Praça Carlos Gomes; Área Verde Moderna: 1 - Praça N. Sra. de Salette; 2 - Praça Alfredo Andersen; 3 - Jard. Henrique Knopholz; Arborização de Ruas: 1 - Rua Brigadeiro Franco; 2 - Rua Ângelo Lopes; 3 - Rua Guaratuba; Árvore Isolada: 1 - *Lagerstroemia indica*; 2 - *Lafoensia pacari*; 3 - *Handroanthus chrysotrichus*. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de significância pelo teste SNK.

No verão a análise estatística não demonstrou diferença entre o Remanescente Florestal (21,34 °C) e a Área Verde Moderna (22,29°C), porém somente o Remanescente Florestal diferenciou-se de todas as outras tipologias, assim como ocorreu no inverno. No inverno, a umidade relativa, apresentou variação quanto às tipologias de floresta urbana, constatando-se que o Remanescente Florestal (89,66%) e a Árvore Isolada (88,41%) não se distinguem entre si, apresentando os maiores valores de umidade relativa registrados. Os menores valores foram observados na Área Verde Antiga (83,66 %) e na Área Verde Moderna (84,75%).

Os resultados demonstraram que estatisticamente apenas o Remanescente Florestal foi diferente das demais tipologias, no entanto, todas exercem um papel fundamental na melhoria microclimática, pois a diferença para o remanescente foi pequena. A tipologia Árvore Isolada foi a que apresentou maior diferença de temperatura (1,22 °C), seguida por Arborização de Ruas (1,08 °C), Área Verde Antiga (0,98 °C) e Área Verde Moderna (0,68 °C). Já a Área Verde Antiga foi a que apresentou maior diferença de umidade relativa (9,43 unidades), seguida por Arborização de Ruas (7,62 unidades), Área Verde Moderna (7,31 unidades) e Árvore Isolada (6,89 unidades).

Influência das diferentes tipologias de floresta urbana no microclima

O microclima do interior da área de monitoramento (dentro) quando comparado com o microclima do transecto percorrido (fora) mostraram diferenças estatísticas significativas tanto para temperatura quanto para umidade relativa, sempre com menores valores de temperatura e maiores de umidade relativa no interior das áreas (Tabela 3).

Tabela 3. Microclima no interior das tipologias de floresta urbana e no transecto móvel percorrido com análise estatística (teste t).

Table 3. Microclimate inside urban forest typologies and in the mobile transect covered with statistical analysis (t test).

Tipologias	Temperatura (°C)			Umidade relativa (%)		
	dentro	fora	test t	dentro	fora	test t
Remanescente Florestal	22,6	26,5	18,0**	58,2	45,3	19,8**
Área Verde Antiga	24,7	26,8	16,0**	41,0	39,0	3,0**
Área Verde Moderna	22,1	24,0	10,7**	57,7	54,5	14,3**
Arborização de Ruas	22,8	24,6	13,5**	52,1	50,6	2,7**
Árvore Isolada	22,3	24,4	13,6**	49,8	46,5	8,4**

NOTA: (ns) não significativo; (*) significativo a 5% de probabilidade; (**) significativo a 1% de probabilidade pelo teste t de Student.

No interior do Remanescente Florestal a temperatura foi 3,9°C menor do que no transecto percorrido e a umidade relativa foi maior em 12,9 unidades. Na Área Verde Antiga a temperatura no interior foi 2,1 °C menor e a umidade relativa foi maior em 2 unidades. Na Área Verde Moderna a temperatura no interior foi 2,0 °C menor e a umidade relativa foi maior em 3,2 unidades. Na Arborização de Ruas a temperatura no interior foi 1,8 °C menor e a umidade relativa foi maior em 1,5 unidades. Para os exemplares de Árvore Isolada, a temperatura no interior foi 2,1 °C menor e a umidade relativa foi maior em 3,4 unidades.

A mesma tendência foi observada na análise realizada separadamente para cada estação do ano, exceto para a relação entre umidade relativa e a tipologia Arborização de Ruas na estação do inverno (Tabela 4).

Tabela 4. Microclima no interior das tipologias de floresta urbana e no transecto móvel percorrido, com análise estatística (teste t) no verão e inverno.

Table 4. Microclimate inside urban forest typologies and in the mobile transect traveled, with statistical analysis (t test) in summer and winter.

Tipologias	Temperatura (°C)			Umidade relativa (%)		
	dentro	fora	test t	dentro	fora	test t
Verão						
Remanescente Florestal	28,7	32,9	20,9**	52,9	43,3	13,5**
Área Verde Antiga	29,8	32,0	11,7**	39,7	37,1	2,7**
Área Verde Moderna	26,3	28,3	16,2**	58,3	54,6	5,9**
Arborização de Ruas	27,7	29,9	14,9**	52,3	49,8	4,9**
Árvore Isolada	27,3	28,5	8,5**	56,2	52,7	8,3**
Inverno						
Remanescente Florestal	16,6	20,0	7,6**	63,5	47,4	20,0**
Área Verde Antiga	19,5	21,6	6,9**	42,3	41,0	2,0 *
Área Verde Moderna	17,8	19,7	6,6**	57,1	54,3	4,5**
Arborização de Ruas	17,9	19,3	7,5**	52,0	51,5	0,6 ^{ns}
Árvore Isolada	17,3	20,3	13,0**	43,4	40,4	6,0**

NOTA: (ns) não significativo; (*) significativo a 5% de probabilidade; (**) significativo a 1% de probabilidade pelo teste t de Student.

No verão, a temperatura no interior do Remanescente Florestal foi 4,2 °C menor do que no transecto percorrido e a umidade relativa foi maior em 9,6 unidades. Na Área Verde Antiga a temperatura no interior foi 2,2 °C menor e a umidade relativa foi maior em 2,7 unidades. Na Área Verde Moderna a temperatura no interior foi 1,9 °C menor e a umidade relativa foi maior em 3,6 unidades. Na Arborização de Ruas a temperatura no interior foi 2,3 °C menor e a umidade relativa foi maior em 2,6 unidades. Para os exemplares de Árvore Isolada, verificou-se que a temperatura no interior foi 1,2 °C menor e a umidade relativa foi maior em 3,5 unidades.

No inverno, a temperatura no interior do Remanescente Florestal foi 3,5 °C menor do que no transecto percorrido e a umidade relativa foi maior em 16,1 unidades. Na Área Verde Antiga a temperatura no interior foi 2,1 °C menor e a umidade relativa foi maior em 1,3 unidades. Na Área Verde Moderna a temperatura no interior foi 1,8 °C menor e a umidade relativa foi maior em 2,8 unidades. Na Arborização de Ruas a temperatura no interior foi 1,5 °C menor e a umidade relativa foi maior em 0,5 unidades. Para os exemplares de Árvore Isolada, verificou-se que a temperatura no interior foi 3,0 °C menor e a umidade relativa foi maior em 3,0 unidades.

Ao longo do transecto percorrido, a temperatura foi em média 2,3 °C mais elevada do que no interior das tipologias de floresta urbana e a umidade relativa foi menor em 4,6 unidades para as duas estações do ano. Esses resultados enfatizam o benefício microclimático proporcionado pelas florestas urbanas, em todas as suas formas (tipologias).

Raio e intensidade de influência nos arredores

O raio e a intensidade de influência que as diferentes tipologias de floresta urbana exercem, varia conforme a tipologia, sendo em média equivalente a 200m, com exclusão da tipologia de Árvore Isolada (Figura 2 e 3).

O Remanescente Florestal exerce influência microclimática no entorno até um raio de 250 m da borda e a Área Verde Moderna alcança 200 m. Esses valores são representativos tanto para temperatura como umidade relativa. A tipologia Área Verde Antiga alcançou 150 m para temperatura e 100 m para umidade relativa. Na Arborização de Ruas, a influência na temperatura foi até 150 m e 200 m para a umidade relativa. Para Árvore Isolada a influência foi até 10 m para temperatura e 25 m para a umidade relativa.



Figura 2. Microclima no interior das tipologias de floresta urbana e no transecto móvel percorrido para análise da distância de influência.

Figure 2. Microclimate within the typologies of urban forest and in the mobile transect traversed for analysis of the distance of influence.



Figura 3. Intensidade de influência das diferentes tipologias de floresta urbana no entorno imediato.

Figure 3. Intensity of influence of different typologies of urban forest in the immediate environment.

Em média a diminuição de temperatura proporcionada pela floresta urbana na borda (0 m) foi de 0,88°C, a 50 m de distância foi 0,66 °C, a 100 m foi 0,45 °C, a 150 m foi 0,34 °C e a 200 m foi 0,30 °C. O Remanescente Florestal além de atingir um raio maior de influência, proporciona maior intensidade do benefício microclimático em todas as distâncias, seguido pela Área verde Moderna. É possível notar, que no raio de 100 m o Remanescente Florestal promove a diminuição de até 0,85 °C na temperatura, a Área Verde Moderna 0,48°C, a Arborização de Ruas 0,25°C e a Área Verde Antiga 0,13°C. Essa mesma tendência ocorreu para o aumento da umidade relativa.

Características da floresta urbana e a relação com o potencial de arrefecimento

O potencial de arrefecimento, que consiste na diferença média de temperatura e umidade relativa entre a área externa (transecto móvel) e interna, foi correlacionado com as características das tipologias de floresta urbana (Tabela 5).

A maior correlação encontrada foi com o número de indivíduos e conseqüentemente com a densidade de árvores, tanto para temperatura como para umidade relativa. Os valores indicaram que estas variáveis foram as únicas que exerceram forte correlação com a variável temperatura. Também para a umidade relativa, a cobertura arbórea indicou forte correlação.

Tabela 5. Análise de correlação simples aplicada para cada elemento de composição e os valores do efeito de arrefecimento.

Table 5. Simple correlation analysis applied for each composition element and the values of the cooling effect.

Elemento de composição	Temperatura			Umidade relativa		
	Média	Verão	Inverno	Média	Verão	Inverno
Comprimento da área (m)	0,40	0,38	0,31	0,65	0,46	0,67
Cobertura arbórea (m ²)	0,43	0,34	0,42	0,70	0,49	0,74
Fator de visão do céu	-0,35	-0,46	-0,11	-0,35	-0,39	-0,29
Índice de Área Foliar (m ² /m ²)	-0,32	-0,43	-0,10	-0,29	-0,34	-0,24
Altitude (m)	0,30	0,28	0,25	0,21	0,24	0,17
Iluminamento (Lux)	-0,22	-0,44	0,14	-0,20	-0,19	-0,19
Número de indivíduos	0,70	0,75	0,44	0,70	0,57	0,69
Densidade de árvores (ind./ha)	0,70	0,75	0,44	0,70	0,57	0,69
Altura (m)	0,23	0,40	-0,06	0,22	0,37	0,13
DAP das árvores (cm)	-0,26	-0,10	-0,40	-0,24	0,03	-0,35
Altura dossel (m)	0,37	0,63	-0,06	0,27	0,28	0,22
Espaçamento entre árv. (m)	-0,18	-0,44	0,16	-0,36	-0,17	-0,41
Permeabilidade (%)	0,31	0,37	0,15	0,46	0,39	0,45

NOTA: Sinais negativos indicam relação inversa entre as variáveis.

Comprimento da área, Cobertura arbórea, Fator de visão do céu e Altura do dossel apresentaram média correlação com a temperatura média e Fator de visão do céu, Espaçamento entre árvores e Permeabilidade apresentaram média correlação com a umidade relativa. As demais variáveis apresentaram correlação fraca com a temperatura e umidade relativa do ar. De um modo geral foram encontrados valores mais expressivos durante o verão.

A análise de correlação indicou que 70% da influência que a floresta urbana proporciona no entorno imediato pode ser explicado pelo número de árvores. Este elemento também é responsável por explicar 70% da variação da umidade relativa. Os outros elementos que mais influenciaram as variáveis meteorológicas foram largura da área e quantidade de cobertura arbórea.

DISCUSSÃO

Microclima das diferentes tipologias de floresta urbana

O remanescente florestal foi a tipologia que proporcionou maiores benefícios microclimáticos. Isso ocorre porque o interior de formações florestais caracteriza-se pela estabilidade microclimática em comparação com as formações mais abertas, sendo a existência de diferentes estratos a principal razão para isso, já que separam as camadas de ar externas da floresta (acima das copas) da camada de ar junto ao solo (sub-bosque) (HOFFMANN *et al.*, 2010).

O efeito de resfriamento das árvores isoladas não é muito significativo se comparado ao de uma floresta (OCHOA DE LA TORRE, 1999). No entanto, os indivíduos arbóreos isolados são também essenciais na composição do ambiente, pois têm uma boa resposta em relação ao conforto térmico na microescala, contudo, devem ser considerados apenas como componentes complementares (ABREU, 2008).

Os valores de temperatura observados no verão foram quase o dobro do observado no inverno, o que proporciona significativa distinção entre as áreas, acentuando ainda mais as diferenças no verão, em média cerca de 1 °C maior do que no inverno. Sabe-se, por exemplo, que a temperatura das áreas com vegetação tem efeito mais forte no resfriamento no verão do que no inverno (CHANG *et al.*, 2007). Inclusive, a falta de vegetação pode causar a diminuição da temperatura no inverno, devido à facilidade com que os materiais de construção perdem calor para o meio, onde não existem barreiras naturais para detê-lo (AKBARI; TAHA, 1992). Além disso, a vegetação pode ainda bloquear ventos frios no inverno e/ou direcionar a entrada de correntes que resfriem o ambiente no verão (MAGALHÃES; CRISPIM, 2003).

Os resultados encontrados para Área Verde Moderna foram mais próximos daqueles observados no Remanescente Florestal. Essa semelhança entre as áreas deve-se às características da Área Verde Moderna, quase em sua totalidade recoberta por área permeável e presença de indivíduos arbóreos de grande porte. Para Zhou *et al.* (2011), o uso e ocupação do solo, bem como a configuração das áreas verdes urbanas auxiliam no resfriamento. No entanto, é especialmente a presença de vegetação lenhosa que proporciona maiores diferenças de temperatura.

Vale destacar, ainda, que a variável umidade relativa é mais difícil de ser compreendida, porque no processo de saturação, as características da variação de umidade e os grandes erros de medição tornam o

problema de contraste do conteúdo de vapor d'água no ambiente urbano mais complexo do que para a temperatura (FORTUNIACK *et al.*, 2006).

Influência das diferentes tipologias de floresta urbana no microclima

Todas as tipologias apresentaram menores valores de temperatura e maiores valores de umidade relativa do que as áreas do entorno urbanizadas. Tais resultados permitem observar a ação de cada tipologia de floresta urbana nas diferentes estações do ano, enfatizando os detalhes que cada tipologia proporciona ao microclima, o que é importante segundo Cao *et al.* (2010). O autor afirma que os parques urbanos podem ajudar a mitigar os efeitos de ilha de calor urbano, no entanto, ainda não se sabe exatamente como as características desses parques podem afetar a formação de uma ilha de frescor.

Outros estudos também demonstraram que as temperaturas do ar nos parques são tipicamente menores do que no ambiente urbano circundante (VANOS *et al.*, 2012). As temperaturas sob a sombra das árvores apresentam-se estáveis na escala microclimática, enquanto ambientes com presença de cimento (impermeabilização) são mais facilmente influenciados pelas condições de tempo, velocidade do vento e radiação solar (HUANG *et al.*, 2008). Também há reflexo do efeito do calor antropogênico proveniente da estrutura urbana, composta por superfície impermeável das edificações e revestimentos das ruas, que proporcionam diferenças termo-higrométricas significativas (LEAL *et al.*, 2014).

São poucos os estudos que quantificam essa ação por meio de coletas de dados pontuais para entender de que modo isso acontece, pois os fatores que proporcionam o frescor no entorno de uma área verde podem não ser os mesmos que determinam o frescor no interior das áreas (CHANG; LI, 2014). Além disso, embora alguns resultados de pesquisas sugiram que o efeito de resfriamento das áreas verdes possa se estender até as áreas do entorno e melhorar o ambiente térmico, a extensão desse benefício também depende de outros fatores, como a topografia, as estruturas adjacentes e as condições do vento (FRYD *et al.*, 2011).

Raio e intensidade de influência nos arredores

Muitos autores já afirmaram que uma área com vegetação arbórea pode manter seu resfriamento interno e também beneficiar as áreas do entorno, pois o ar fresco pode se estender pelas ruas e edifícios da vizinhança, até uma determinada distância a favor do vento (SLATER, 2010; FRYD *et al.*, 2011; LIN *et al.*, 2015). Esse efeito de arrefecimento de uma área verde varia de acordo com o tamanho e a proximidade com outras áreas verdes (HONJO; TAKAKURA, 1990), podendo se estender além do parque, pela largura do parque ou até mesmo mais longe (CAO *et al.*, 2010).

O raio médio de influência, equivalente a 200 m encontrado na presente pesquisa, é próximo do que já foi observado por outros autores. Em Nagoya (Japão), por meio de medições em campo, constatou-se que o ar frio gerado sobre o parque urbano Heiwa avançou em média 200-300 m para área residencial adjacente, atingindo até 500 m em alguns casos (HAMADA; OHTA, 2010). Em outra pesquisa no mesmo parque, verificou-se que as áreas comerciais apresentaram a menor distância de arrefecimento, de 50 a 250 m (HAMADA *et al.*, 2013). Em Pequim (China), usando metodologia semelhante, em 30 áreas verdes, verificou-se em média valores inferiores a 300 m, embora em algumas situações tenham atingido até 840 m (LIN *et al.*, 2015). Em Petaling (Malásia), foi realizada uma pesquisa para analisar a influência de três áreas verdes no arrefecimento do seu entorno por meio de imagens de satélite que permitem determinar a temperatura da superfície e os autores encontraram resultados claramente evidentes até 500 m (BUYADI *et al.*, 2014).

Tanto o raio como a intensidade de influência variaram conforme a tipologia analisada. Sabe-se, no entanto, que esse benefício tende a decair com o aumento da distância da borda (HAMADA; OHTA, 2010). A determinação da intensidade de influência não se mostrou uma tarefa fácil de ser realizada, foi preciso atentar-se a vários detalhes da morfologia urbana. A densidade da área construída, a cobertura do solo, a altura dos edifícios, a orientação e a largura das ruas influenciam as variáveis microclimáticas devido a quantidade de radiação solar recebida (SHISHEGAR, 2013). Além da suscetibilidade aos ventos, geometria do local e as características térmicas dos materiais de revestimento das superfícies (DACANAL, 2011). Desta forma, é possível que os resultados sejam diferentes no entorno de áreas verdes com ruas mais largas, tráfego de veículos mais intenso e maior quantidade de edifícios, uma vez que estas características poderiam inclusive bloquear o fluxo de arrefecimento de uma área verde (HAMADA; OHTA, 2010).

Características da floresta urbana e a relação com o potencial de arrefecimento

O espaço urbano é muitas vezes limitado, pequenas áreas são mais facilmente adquiridas do que grandes espaços, por isso, saber se a intensidade e a extensão do aumento do frescor estão relacionadas diretamente com o tamanho e outras características da área verde torna-se importante no processo de análise da implantação (CHANG; LI, 2014).

Os potenciais impactos do arranjo espacial da vegetação no ambiente térmico urbano ainda não foram bem caracterizados, no entanto, a combinação de fatores, incluindo a forma, tamanho e nível de segmentação dos

fragmentos de vegetação, influenciam na temperatura, geralmente com menores valores associados aos fragmentos de vegetação grandes, contínuos e densos (FAN *et al.*, 2015).

Na presente pesquisa foi constatado forte correlação entre número de indivíduos e a influência no potencial de arrefecimento, bem como a densidade de árvores. Ren *et al.* (2013), ao realizarem um estudo semelhante, encontraram coeficientes sempre maiores do que 0,56. Dentre as variáveis analisadas, verificaram que a maior influência foi gerada pela densidade de copa, seguida pelo índice de área foliar, área basal, altura da árvore, área de cobertura, diâmetro a altura do peito e por último a densidade de árvores.

Diante de todas as análises realizadas, verificou-se que maiores áreas de cobertura arbórea não demonstram valores expressivamente mais significativos. Desta forma, infere-se que não são necessárias grandes áreas de floresta urbana para promover benefícios microclimáticos no entorno. Embora o microclima apresente diferenças significativas, o entorno não é beneficiado na mesma escala.

Do ponto de vista climático é desejável que existam áreas verdes espalhadas no ambiente urbano, em vez de se concentrarem em um único local, porque o intervalo de arrefecimento proporcionado por qualquer área verde está limitado a algumas centenas de metros (HONJO; TAKAKURA, 1990; HAMADA; OHTA, 2010).

CONCLUSÕES

As análises realizadas permitem concluir que:

- O microclima do Remanescente Florestal foi estatisticamente distinto das demais tipologias, no entanto, a diferença média de temperatura entre as tipologias foi inferior a 1 °C.
- No entorno imediato a temperatura foi em média 2,3 °C mais elevada do que no interior das tipologias de floresta urbana e a umidade relativa foi menor em 4,6 unidades.
- A maior diferença de temperatura e umidade relativa entre o ambiente interno e externo foi encontrada no Remanescente Florestal e a menor na Arborização de Ruas, com variação nas estações do ano.
- O raio de influência que a floresta urbana exerceu no seu entorno foi de 200 m, diminuindo cerca de 0,30 °C a temperatura nesta distância, sendo maior para o Remanescente Florestal, seguido Área Verde Moderna, Arborização de Ruas, Área Verde Antiga e Árvore Isolada.
- A intensidade de influência que a floresta urbana exerceu na temperatura do ar a 50 m de distância foi de 0,66 °C, a 100 m foi 0,45 °C e a 150 m foi 0,34 °C.
- Dentre as características das áreas, o número e a densidade de indivíduos arbóreos foram os elementos que exerceram maior influência no efeito de arrefecimento.

PALAVRA DA AUTORA

Os resultados da presente tese permitiram consolidar nacionalmente algumas metodologias importantes que já vinham sendo empregadas por este grupo de pesquisa quanto à análise da influência da vegetação no microclima urbano, além de abrir portas para outras análises, pois ao identificar que os benefícios microclimáticos mudam conforme as tipologias de floresta urbana, verificou-se que as diferentes características das áreas também são importantes. Desta forma, a pesquisa continua sendo desenvolvida, buscando respostas em outras condições climáticas e de urbanização. Exemplo disso foram as duas dissertações de mestrado desenvolvidas no programa de Pós-graduação em Ciência Florestal da UFV, intituladas: “*A influência de diferentes espécies arbóreas no microclima urbano*” e “*A influência das praças arborizadas no conforto térmico urbano de Viçosa-MG*”, dentre outros projetos e trabalhos de conclusão de curso. Tais pesquisas buscam agora entender melhor quais características das espécies mais contribuem para o benefício microclimático, bem como estabelecer composições e arranjos paisagísticos mais eficientes. Com tais descobertas, espera-se fomentar diretrizes de planejamento urbano capazes de contribuir com as estratégias de enfrentamento às mudanças do clima em centros urbanos.

REFERÊNCIAS

- ABREU, L.V. de. **Avaliação da escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas** [dissertação]. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas; 2008.
- AKBARI, H.; TAHA, H. Impact of trees and white surfaces on residential heating and cooling energy use in four Canadian cities. **Energy**, Oxford, v. 17, n. 2, p. 141-149, 1992.
- BUYADI SNA, WAN MOHD WMN; MISNI A. Quantifying green space cooling effects on the urban microclimate using remote sensing and gis techniques. In: **Proceedings of the XXV International Federation Of Surveyors**, 2014; Kuala Lumpur - Malaysia. Kuala Lumpur - Malaysia: FIG; 2014. p. 1-16.

- CAO X, ONISHI A, CHEN J, IMURA H. Quantifying the cool island intensity of urban parks using ASTER and IKONOS data. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 96, p. 224-231, 2010.
- CHANG, C.; LI, M. Effects of urban parks on the local urban thermal environment. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdã, v. 13, p. 672-681, 2014.
- CHANG, C.; LI, M.; CHANG, S. A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 80, p. 386-395, 2007.
- DACANAL, C. **Fragmentos florestais urbanos e interações climáticas em diferentes escalas: estudos em Campinas, SP** [tese]. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas; 2011.
- FAN, C.; MYINT, S. W.; ZHENG, B. Measuring the spatial arrangement of urban vegetation and its impacts on seasonal surface temperatures. **Progress in Physical Geography**, Thousand Oaks - USA, v. 39, n. 2, p. 199-219, 2015.
- FORTUNIAK, K.; KLYSIK, K.; WIBIG, J. Urban-rural contrasts of meteorological parameters in Lodz. **Theoretical and Applied Climatology**, Viena, v. 84, p. 91-101, 2006.
- FRYD, O.; PAULEIT, S.; BUHLER, O. The role of urban green space and trees in relation to climate change. **CAB Reviews**, Wallingford – UK, v. 6, n. 53, p. 1-14, 2011.
- HAMADA, S.; OHTA, T. Seasonal variations in the cooling effect of urban green areas on surrounding urban areas. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdã, v. 9, p. 15-24, 2010.
- HAMADA S, TANAKA T, OHTA T. Impacts of land use and topography on cooling effect of green areas on surrounding urban areas. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdã, v. 12, p. 426-434, 2013.
- HOFFMANN, G.S.; HASENACK, H.; OLIVEIRA, L.F.B. Microclima e estruturas de formações vegetais. In: SESC. **O clima na Reserva Particular de Patrimônio Natural SESC Pantanal**. Rio de Janeiro: SESC, 2010. p.11-53.
- HONJO, T.; TAKAKURA, T. Simulation of thermal effects of urban green areas on their surrounding areas. **Energy and Buildings**, Lausanne, v. 15, n. 3/4, p. 443-446, 1990.
- HUANG L, LI J, ZHAO D, ZHU J. A fieldwork study on the diurnal changes of urban microclimate in four types of ground cover and urban heat island of Nanjing, China. **Building and Environment**, v. 43, p.7-17, 2008.
- IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: [s.n.]. 2021.
- INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA (IPPUC). **Curitiba em dados**. Disponível em: <http://curitibaemdados.ippuc.org.br/Curitiba_em_dados_Pesquisa.htm> Acesso em 10 abr. 2016. JIANG *et al.*, 2015
- LEAL, L.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C. Influência das florestas urbanas na variação termo-higrométrica da área intraurbana de Curitiba – PR. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 4, p. 807-820, 2014.
- LIN W, YU T, CHANG X, WU W, ZHANG Y. Calculating cooling extents of green parks using remote sensing: Method and test. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 134, p. 66-75, 2015.
- LIRA, W.S.; CÂNDIDO, G.A. **Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa** [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2013, 325p. I
- MAGALHÃES, L. M. S.; CRISPIM, A. A. Vale a pena plantar e manter árvores e florestas na cidade? **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 193, p. 64-68, 2003.
- OCHOA DE LA TORRE, J. M. **La vegetación como instrumento para el control microclimático en línea**. 1999. Não paginado. Tesis (Doctor en Arquitectura) - Escola Tecnica Superior d'Arquitectura de Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña, 1999.
- PRESTES, I. Estatística: **Correlação e Regressão Linear**. São Paulo: Escola Paulista de Negócios, 2015. Disponível em: <<http://www.umcpes.com.br>> Acesso em: 16 jun. 2016.

- PINHEIRO, C. R.; SOUZA, D. D. DE. a Importância Da Arborização Nas Cidades E Sua Influência No Microclima. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Palhoça, v. 6, n. 1, p. 67, 2017.
- REN, Z.; HE, X.; ZHENG, H.; ZHANG, D.; YU, X.; SHEN, G.; GUO, R. Estimation of the relationship between urban park characteristics and park cool island intensity by remote sensing data and field measurement. **Forests**, Basel – SWI, v. 4, p. 868-886, 2013.
- SANTOS, K. A.; RUFINO, I. A. A.; BARROS FILHO, M. N. M. Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande - PB. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 5, p. 943–952, 2017.
- SHISHEGAR, N. Street design and urban microclimate: analyzing the effects of street geometry and orientation on airflow and solar access in urban canyons. **Journal of Clean Energy Technologies**, Singapura, v. 1, p. 52-53, 2013.
- SILVA, A. M. M. DA; BARBOSA, G. S.; DRACH, P. R. C. Avaliação de vizinhança LEED e análise microclimática: um estudo de caso da morfologia urbana do Porto Maravilha, RJ, Brasil. **Revista de Morfologia Urbana**, Porto, v. 8, n. 1, p. 1-31, 2020.
- SLATER, G. **The cooling ability of urban parks**. 2010. 141 f. Thesis (Natural Sciences and Engineering Research) - School of Environmental and Rural Design, University of Guelph, Guelph – CAN, 2010.
- SOARES, R.V; BATISTA, A.C.; BIONDI, D.; TETTO, A. F.; BLUM, C. T. Conservação da Natureza - Pesquisa & Desenvolvimento na UFPR. **Revista Floresta**, Curitiba, Edição Comemorativa 50 anos, p.103-123, 2020.
- VANOS, J. K.; WARLAND, J. S.; GILLESPIE, T. J.; SLATER, G. A.; BROWN, R. D.; KENNY, N. A.. Human energy budget modeling in urban parks in Toronto, ON, and applications to emergency heat stress preparedness. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, Washington – USA, v. 51, n. 9, p.1639-1653, 2012.
- ZHOU, W., HUANG, G., CADENASSO, M.L. Does spatial configuration matter? Understanding the effects of land cover pattern on land surface temperature in urban landscapes. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 102, p. 54-63, 2011.